

UNIVERSITÉ DE PARIS

École Supérieure de Pharmacie

ETUDE GÉNÉRALE
DES EAUX D'ALIMENTATION
DE LA VILLE DE LORIENT
ET DU SYSTÈME ADOPTÉ POUR LEUR STÉRILISATION

THÈSE

Pour l'obtention du diplôme de Docteur de l'Université de Paris (Pharmacie)

Présentée et soutenue publiquement le Juillet 1914

PAR

GEORGES CORLAY

Pharmacien de 1^{re} Classe

Ancien Interne des Hôpitaux de Paris

Titulaire du Certificat de Licence de Chimie Générale

Chimiste Départemental

Pharmacien adjoint des Hôpitaux de Lorient

JURY

MM. Moureu, *Président.*
Grimbert, *Professeur.*
Guerbet, *Agrégé.*

LORIENT

Imprimerie Al. CATHRINE, 18, Place Bisson

1914



Digitized by the Internet Archive
in 2026

ETUDE GÉNÉRALE
DES EAUX D'ALIMENTATION
DE LA
VILLE DE LORIENT
ET DU SYSTÈME ADOPTÉ POUR LEUR STÉRILISATION

UNIVERSITÉ DE PARIS

École Supérieure de Pharmacie

ETUDE GÉNÉRALE
DES EAUX D'ALIMENTATION
DE LA VILLE DE LORIENT
ET DU SYSTÈME ADOPTÉ POUR LEUR STÉRILISATION

THÈSE

Pour l'obtention du diplôme de Docteur de l'Université de Paris (Pharmacie)

Présentée et soutenue publiquement le Juillet 1914

PAR

GEORGES CORLAY

Pharmacien de 1^{re} Classe

Ancien Interne des Hôpitaux de Paris

Titulaire du Certificat de Licence de Chimie Générale

Chimiste Départemental

Pharmacien adjoint des Hôpitaux de Lorient

JURY

{ MM. Moureu, *Président.*
Grimbert, *Professeur.*
Guerbet, *Agrégé.*

LORIENT

Imprimerie Al. CATRINE; 18, Place Bisson

1914



PERSONNEL DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

ADMINISTRATION

MM. GAUTIER, Directeur, *, ☼ I.
 BOURQUELOT, Assesseur, *, ☼ I.
 E. MUSSON, Secrétaire, *, ☼ I.

PROFESSEURS

MM. GUIGNARD, Membre de l'Institut, O. *, ☼ I.....	Botanique générale.
VILLIERS, *, ☼ I.....	Chimie analytique.
BOURQUELOT, *, ☼ I.....	Pharmacie galénique.
GAUTIER, *, ☼ I.....	Chimie minérale.
RADAIS, *, ☼ I.....	Cryptogamie.
BEHAL, O. *, ☼ I.....	Chimie organique.
PERROT, *, ☼ I.....	Matière médicale.
COUTIERE, *, ☼ I.....	Zoologie.
BERTHELOT, ☼ I.....	Physique.
GRIMBERT, *, ☼ I.....	Chimie biologique.
MOUREU, Membre de l'Institut, *, ☼ I.....	Pharmacie chimique.
LEBEAU, ☼ I.....	Toxicologie.
DELEPINE, ☼ I.....	Hydrologie et Hygiène.

Directeur honoraire : M. GUIGNARD, O. *, ☼ I.
Professeurs honoraires : MM. JUNGFLEISCH, O. *, ☼ I.
 et BOUCHARDAT, O. *, ☼ I.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM. GUERBET, ☼ I.	MM. GUERIN, ☼ I.
VALEUR, *, ☼ I.	GUEGUEN, ☼ I.
BOUGAULT, ☼ I.	LUTZ, ☼ I.
TASSILLY, ☼ I.	HERISSEY, ☼ I.

CHARGÉS DE COURS

MM. GUERBET, ☼ I.....	Minéralogie.
HONNORAT, ☼ I.....	Législation et déontologie pharmaceutiques.

CHEFS DES TRAVAUX PRATIQUES

MM. DEFACQZ, ☼ I.....	Chimie générale.
COUSIN, ☼ I.....	Chimie analytique.
SOUEGES, ☼ A.....	Micrographie.
MOURLOT, ☼ I.....	Physique.
BARTHELAT, *, ☼ I.....	Microbiologie.

Chef du Laboratoire des examens pratiques : M. JAVILLIER, ☼ I.
Bibliothécaire en chef : M. DORVEAUX, ☼ I.

A MON PRESIDENT DE THESE

Monsieur Ch. MOUREU

Professeur à l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Paris
Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine.

A Monsieur L. GRIMBERT

Professeur à l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Paris
Directeur de la Pharmacie Centrale des Hôpitaux.

A Monsieur M. GUERBET

Professeur Agrégé à l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Paris
Pharmacien en Chef des Hôpitaux de Paris.

AVANT-PROPOS

Avant d'entrer dans l'exposé de notre travail, nous tenons à adresser l'expression de notre vive gratitude à

Monsieur le Professeur MOUREU, qui a bien voulu accepter la Présidence de cette Thèse ;

Messieurs les Professeurs GRIMBERT et GUERBET, qui nous ont fait le grand honneur de se joindre à Monsieur MOUREU pour constituer notre Jury.

Nous sommes heureux de témoigner ici nos vifs sentiments de reconnaissance à

Monsieur BONJEAN, Directeur du Laboratoire du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France ;

Messieurs DIENERT et GUILHERD, Chef et Sous-Chef du Service de Surveillance des Eaux de la Ville de Paris ;

Qui nous ont aimablement ouvert leurs Laboratoires, nous ont aidé de leurs encouragements et de leurs conseils autorisés.

INTRODUCTION

La QUESTION DES EAUX a fait dans notre Ville l'objet de nombreux travaux.

Aujourd'hui, Lorient possède un service d'alimentation en eau potable qui donne toute satisfaction tant sous le rapport de la qualité que de la quantité et cette amélioration considérable, apportée à son Hygiène, fait le plus grand honneur aux Municipalités qui ont conçu ce projet ou en ont attentivement surveillé l'exécution.

Il nous est apparu qu'exposer succinctement les projets antérieurs, exécutés ou non, puis faire une étude générale, approfondie :

1° De la composition, aux diverses époques de l'année, de l'eau d'alimentation actuelle, comparativement avec celle des eaux brutes puisées dans le Scorff ou captées dans la vallée du Scave ;

2° Du mode de stérilisation adopté (ozonisation après filtration) ;

Constitueraient un travail intéressant, utile.

Nous exposons :

La géologie des terrains traversés par les eaux captées ;

Les causes de leur contamination, de leur forte teneur en matières organiques ;

Le système de captage et d'adduction à l'usine du Petit-Paradis ;

L'action, au point de vue chimique et bactériologique, du sulfate d'alumine ajouté avant la filtration ; son analyse ;

Le fonctionnement des filtres ;

La production de l'Ozone (ses divers procédés de dosage) ;

L'action des eaux urbaines sur les conduites secondaires en plomb.

Nous donnons un grand nombre d'Analyses physiques, chimiques, bactériologiques, micrographiques, qui permettent de se rendre compte des variations de composition de ces eaux suivant les saisons.

Pour la bonne exposition de notre travail, nous l'avons divisé en plusieurs chapitres dont on trouvera l'énumération à la table des matières.

Nous avons, à dessein, donné le plus de développement possible à notre « Etude » qui ne s'adresse pas uniquement à des « Hommes de Laboratoire », mais à tous ceux qu'intéresse cette importante question de l'« Hygiène de l'Eau ».

CHAPITRE PREMIER

- A. Considérations Hygiéniques.
 - B. Historique de la “Question des Eaux” —
Exposé général du système actuel.
 - C. Constitution géologique du Sol. De son influence sur la composition des Eaux.
-

A. Considérations Hygiéniques.

Il n'est rien de plus déplorable pour l'Hygiène d'une Ville que le manque d'eau, rien de plus dangereux pour la santé de ses Habitants qu'une alimentation par des eaux souillées, surtout quand ce sont des eaux de surface provenant de régions où se pratiquent l'épandage d'une façon permanente comme aux environs de Lorient.

L'importance de l'Hygiène de l'eau a fait un pas considérable depuis la découverte par Pasteur de la Théorie microbienne et l'on ne peut plus nier que l'eau ne puisse devenir le véhicule de maladies épidémiques terribles, particulièrement : fièvre typhoïde, choléra, dysenterie.

Le problème de l'eau pour une Ville ne consiste pas uniquement à lui donner de l'eau potable ; il faut la fournir aux habitants en quantité suffisante (au moins 100 litres par jour et par habitant). L'eau est en effet, une substance alimentaire, une substance naturelle indispensable. Ne constitue-t-elle pas les $\frac{2}{3}$ du poids du corps humain et n'est-ce pas dans l'eau de boisson que l'homme doit trouver les quantités d'eau nécessaires à son organisme, perdues par l'évaporation cutanée, la respiration, les excrétions rénale et intestinale ?

L'alimentation en eau potable des habitants d'un pays est

devenue un véritable problème national. Une ville bien alimentée, où les prescriptions de l'Hygiène sont rigoureusement observées, ne sera jamais à l'abri d'une épidémie de fièvre typhoïde, si les mêmes précautions ne sont pas prises dans les autres agglomérations du pays, et particulièrement dans les localités avec lesquelles elle est en relations constantes.

Toutes ces considérations justifient amplement les efforts que font les Municipalités pour doter leurs Villes d'un bon service d'eau. En raison des sacrifices financiers à demander à leurs administrés, ce ne sont pas toujours des initiatives faciles à prendre et il faut louer sans réserve Celles qui n'hésitent pas, au risque parfois de les mécontenter, à décider cette mesure de haute hygiène sociale.

A considérer l'énumération des projets, envisagés ou exécutés pour l'alimentation en eau potable de Lorient, on se rend compte que, depuis une époque déjà lointaine, *le problème de l'eau* a préoccupé ses Municipalités. La nécessité de fournir aux Habitants une eau pure et abondante n'apparaissait-elle pas comme impérieuse, en présence des terribles épidémies qui les décimaient et qui ont valu à Lorient une réputation d'insalubrité qui subsiste encore, injustifiée aujourd'hui, puisque la mortalité y est sensiblement la même que celle des autres Villes de France ?

B. Historique de l'Alimentation en Eau potable de la Ville de Lorient.

I. De 1858 à 1890, la Ville de Lorient a été alimentée en eau potable par des travaux de drainage exécutés dans un rayon de quelques kilomètres au N.-N.-O. de la Ville. La quantité d'eau recueillie variait de 400 à 500 mètres cubes en été. Cette alimentation était complètement insuffisante.

II. En 1890, un nouveau service d'eau fût inauguré :

Monsieur Soulié, ingénieur des Ponts et Chaussées, avait étendu les travaux de 1858 en drainant plus énergiquement les vallées et en prolongeant les captations vers le Nord.

Ces nouveaux travaux qui devaient permettre à la Ville de disposer de 6.000 mètres cubes d'eau par jour, n'ont en donné que 2.500 à divers étiages, et le débit est même descendu à 1.250 mètres cubes en 1911.

Tous ces travaux, exécutés dans des couches filtrantes de faible épaisseur, ne mettaient pas suffisamment ces eaux recueillies à l'abri de la contamination des eaux superficielles, dans une contrée où les vidanges de la Ville sont épandues sur la zone même des captations.

En 1902 survint une épidémie de fièvre typhoïde et l'Administration de la Guerre consigna les débits et divers établissements.

III. En Avril 1903, Monsieur BRASSAUD, Ingénieur spécialiste à Paris, fut chargé par le Conseil Municipal d'étudier à nouveau la question des eaux.

Dans un rapport en date du 15 Août 1903, cet ingénieur exposa que pour améliorer la qualité des eaux distribuées à ce moment, il fallait consentir une diminution sensible du débit, en supprimant autant que possible, les communications directes entre la surface du sol et les drains de captation.

D'un autre côté, certains branchements, par trop mauvais, devaient être supprimés.

En Septembre 1903, l'Administration Municipale confia à Monsieur BRASSAUD la mission d'étudier une nouvelle adduction d'eau potable, par gravitation, pouvant immédiatement fournir 3.000 à 3.500 mètres cubes d'eau par jour avec possibilité d'extension jusqu'à 6.000 mètres cubes.

Les eaux provenant des travaux de 1858 et de 1890 devaient être dérivées en ville pour le lavage des rues de certains quartiers bas. Les machines à vapeur se trouvaient supprimées.

De Septembre 1903 à Septembre 1905, des études furent faites par cet Ingénieur qui déposa un projet conforme aux conditions à réaliser.

Il avait été procédé à de nombreux sondages dans les vallées de Plouay, à 22 kilomètres de Lorient, dans le massif granitique.

Les analyses des eaux de ces sondages (que nous donnons dans le tableau annexé à ce chapitre) en avaient démontré l'excellente qualité. Malgré tous les avantages que présentait ce projet qui fait le plus grand honneur à son auteur, il ne fut pas mis à exécution, car le chiffre de 6.000 mètres cubes d'eau par jour qu'il devait fournir

fut envisagé comme pouvant ne pas être suffisant dans un avenir prochain.

IV. En Février 1906, ce même Ingénieur déposa un projet complémentaire, dû à son initiative, avec mise au concours de la stérilisation des eaux alors utilisées. Ce projet avait l'avantage d'augmenter, pour l'avenir, la quantité d'eau potable à distribuer, permettait de supprimer la dérivation de ces eaux en ville, dérivation qui ne présentait pas d'ailleurs un gros intérêt et entraînait une dépense assez élevée.

Le Conseil Municipal adopta le projet qui fut renvoyé à la Commission des Finances pour création des voies et moyens, mais aucune suite ne fût donnée à cette délibération.

En 1907, la Ville manqua d'eau au mois de Juillet, et il fallût installer un service d'élévation de fortune aux abords du ruisseau *Le Scave*, pour refouler l'eau brute de ce petit cours d'eau dans l'aqueduc alimentant la Ville.

Le même fait se produisit en 1909 et en 1911.

Les eaux ainsi distribuées étaient de très mauvaise qualité.

V. En Septembre 1907, une Commission Extra-Municipale fut instituée pour étudier à nouveau la question des eaux.

Cette Commission, sur le rapport de Monsieur le Docteur Waquet, proposa d'alimenter la Ville par les Eaux du Scorff, après filtration sur le sable, « *scientifiquement conduite* ».

Elle donna même la préférence aux filtres non submergés, mais ces appareils devaient être construits de façon, en cas d'insuccès, à pouvoir être transformés en filtres submergés et Monsieur l'Ingénieur BRASSAUD fut chargé de l'étude et de la réalisation de ce projet qu'il déposa en Mars 1910. En voici les Conclusions :

Il prévoyait une installation pour traiter : 1° 6.000 mètres cubes, à puiser dans la rivière le Scorff, à 12 kilomètres de l'usine du Petit Paradis ; 2° les 1.500 mètres cubes fournis en été par le service courant. Soit au total 7.500 mètres cubes par jour.

La dépense prévue était de 1.420.000 francs.

Le projet de filtration était inscrit à l'ordre du jour de la séance du Conseil Municipal du 4 Mars 1911 pour la création des voies et moyens. La discussion fut renvoyée à une autre séance.

A ce moment, la Compagnie Générale de l'Ozone intervint et

proposa le SYSTEME ACTUEL, qui fût adopté par le Conseil Municipal dans sa séance du 20 Mai 1911.

La Convention passée avec la Compagnie Générale de l'Ozone, stipulait entre autres conditions :

TRAVAUX A EXECUTER : Qu'ils comprendraient :

1° Une station centrale électrique, à établir au lieu dit le « Petit Paradis », et comprenant essentiellement :

Deux groupes moteurs générateurs à gaz pauvre ou huile lourde d'une puissance de 220 chevaux chacun ;

Deux génératrices de courant alternatif triphasé 3.000 volts, 50 Périodes, pour le transport de force aux stations de pompage de Kerguillette et de Kereven ;

Deux alternateurs à 500 Périodes, pour la production de l'air électrisé, avec transformateurs et générateurs d'ozone ;

Deux pompes capables de débiter chacune 10.000 mètres cubes d'eau par 24 heures ;

Deux compresseurs d'air pour le nettoyage des dégrossisseurs ;

Tableaux de distribution, appareils de mesure et de contrôle, etc... ;

Bassins filtrants et appareils de stérilisation pour 10.000 mètres cubes par 24 heures ;

Bâche d'arrivée d'eau filtrée de 500 mètres cubes ; réservoir supplémentaire d'eau stérilisée de 3.075 mètres cubes.

2° Une station de pompage à Kerguillette, avec 3 groupes moteurs-pompe capables de faire chacun 3.000 mètres cubes par jour.

3° Une station de pompage à Kereven, avec 3 groupes moteurs-pompe capables de faire chacun 4.250 mètres cubes par jour.

4° Une conduite amenant les eaux de Kereven au Petit Paradis, d'un développement total de 11.211 mètres, partie en fonte, partie en ciment armé.

5° Les lignes de transport de force électrique.

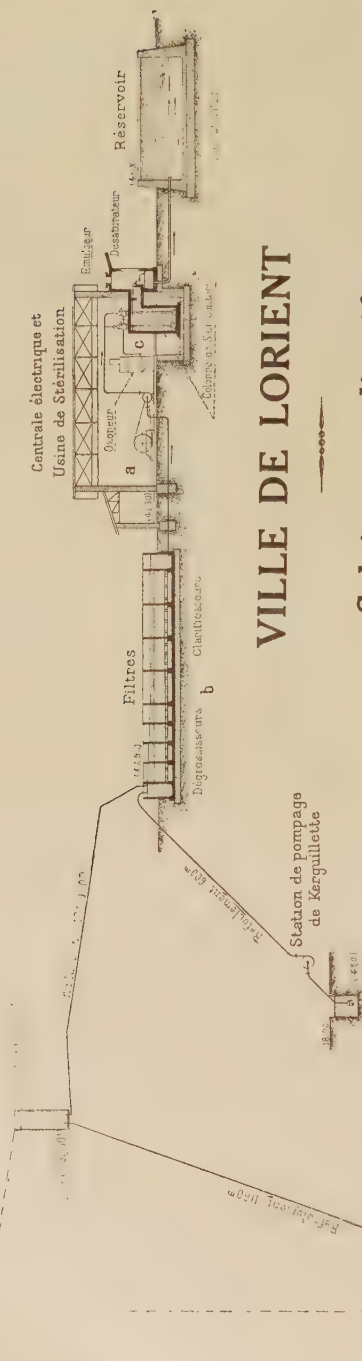
6° Un réseau téléphonique reliant la centrale électrique aux 2 stations de pompage.

7° Les logements pour les ouvriers.

L'INSTALLATION PREVUE, DONT NOUS DONNONS CI-CONTRE LE SCHEMA GENERAL, DEVAIT PERMETTRE DE TRAITER 10.000 METRES CUBES D'EAU PAR 24 HEURES.

Réservoir Le Lezélé

LE PETIT PARADIS



VILLE DE LORIENT

Schéma explicatif

BASES DU PROJET

1^{re} Petit Paradis. — Station centrale.

- a — Production de la force motrice.
- b — Filtration.
- c — Stérilisation par injection d'air électrisé (Ozone) dans l'eau.

2^e Station de pompage de Kerguillette.

L'énergie électrique est transportée à la station de pompage de Kerguillette où toute l'eau disponible de 1.500 m³ à 6.000 m³ par jour peut être relevée.

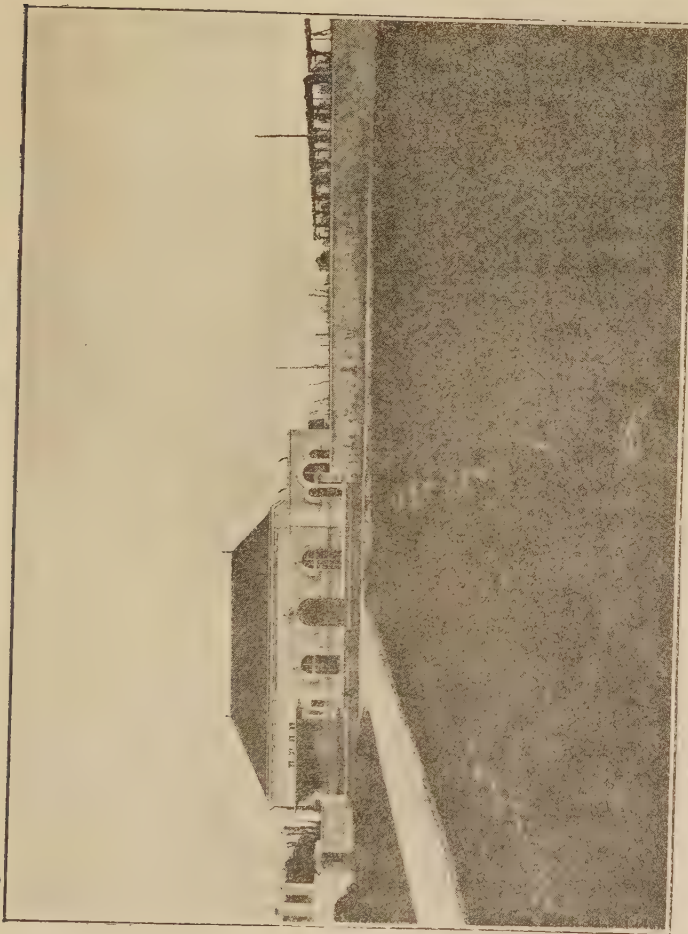
3^e Station de pompage de Kereven.

Des pompes commandées électriquement sont installées à Kereven et fournissent le complément nécessaire pour atteindre le débit maximum prévu de 10.000 m³.

4^e Garanties.

Les garanties données par contrat assurent une eau parfaitement limpide, débarrassée de tout germe dangereux, et comparable à la meilleure eau de source.

Usine du Petit-Paradis



La Compagnie Générale de l'Ozone garantissait, sans limitation de durée, que :

1° Au point de vue chimique, physique et organoleptique :

a) L'eau épurée serait toujours limpide.

b) L'eau épurée ne devrait renfermer aucune substance étrangère à la composition de l'eau, susceptible, à quelque degré que ce fût, de présenter des inconvénients pour la santé publique, de nuire aux usages alimentaires, culinaires, domestiques et industriels, d'attaquer ou d'endommager les canalisations, les compteurs, les réservoirs, d'une manière plus marquée que l'eau non épurée serait susceptible de le faire.

c) Les propriétés organoleptiques de l'eau et les propriétés physiques, couleur, transparence, ne devraient être qu'améliorées.

2° Au point de vue bactériologique :

a) L'eau épurée serait, d'une manière continue, exempte de germes pathogènes, notamment B. Thyphique et Parathyphique, Tuberculeux, V. Cholérique, B. Pyocyanique, Staphylocoques blancs et dorés, Streptocoques.

L'eau épurée ne devrait renfermer ni Coli-bacille, ni Bactéries putrides, les recherches étant effectuées sur 100 centimètres cubes d'eau prélevés à la sortie des appareils de stérilisation.

b) Elle ne devrait receler au plus que quelques unités de germes d'espèces banales, particulièrement résistantes (espèces sporulées, genre Subtilis, Mesentericus, levures, moisissures) 10 par centimètre cube, les numérations et spécifications générales étant effectuées sur desensemencements d'au moins un centimètre cube d'eau.

On ne devrait pas employer de dilution pour effectuer les numérations d'eau épurée, tout au moins à la sortie des appareils de stérilisation.

3° Au point de vue micrographique :

L'eau épurée devrait être exempte d'organismes vivants, d'œufs de larves, d'embryons de parasites d'animaux.

EN RESUME, LE SYSTEME ADOPTE ETAIT L'OZONISATION SUIVANT LE PROCEDE OTTO, AVEC FILTRATION PREALABLE, DES EAUX PROVENANT DE LA CONDUITE ACTUELLE DE KERGUILLETTE ET DE LA CAPTATION PROJETEE DANS LE SCORFF, A KEREVEN.

C. Constitution géologique de la région. --- De son influence sur la composition des Eaux.

Ces eaux coulent dans des terrains de même nature.

Les bassins du Scorff et du Blavet, dont les eaux se déversent en rade de Lorient sont entièrement creusés dans des terrains cristallophylliens, orientés de l'Est à l'Ouest, quelques degrés Nord, comme tous ceux de la Bretagne Méridionale. Immédiatement au Nord de Lorient et jusqu'à Cléguer, ce sont des massifs de granit, allongés et entourés de toutes parts par des gneiss et des micachistes qui se fondent avec lui, si bien qu'il est difficile de savoir où commence une roche et où finit la voisine. Les altérations superficielles de ces roches diverses ont produit des sables argileux qui recouvrent le sol et augmentent la confusion.

De Cléguer, à trois kilomètres environ au Nord de Plouay, on recoupe des bandes parallèles de granulite massive, de granulite schisteuse et des schistes profondément altérés. Ici, encore, le passage d'une roche à l'autre est souvent insensible, tant le métamorphisme a été intense. Les schistes bien feuilletés sont rares ; on voit quelques filons de quartz et une foule de petites veines de ce minéral.

Tout au Nord, s'étend le grand massif de granulite de la forêt de Pont-Calleck. L'altération superficielle de la granulite semble plus profonde que celle du granit, mais les roches feuilletées qui l'entourent ont mieux résisté aux agents atmosphériques.

D'une façon générale, on peut dire que le sous-sol de la région est formé de roches solides, compactes, composées de trois éléments principaux : quartz, feldspaths et micas. L'action superficielle a fait de ces roches une arène dans laquelle on retrouve tout le quartz inaltéré, quelque peu de micas et une partie des feldspaths transformés en argile. On sait, en effet, que parmi les phénomènes de désorganisation des roches, un des plus importants est la transformation des roches feldspathiques en kaolin ou argile si répandue à la surface du globe et qui joue un rôle capital dans la qualité des terres. Le feldspath, silicate double d'aluminium et de potassium (K_2O , Al_2O_3 , $6SiO_2$), sous l'influence prolongée de l'eau, se dédouble en silicate de potassium soluble, en silice et en silicate d'aluminium qui constitue les argiles, notamment le kaolin.

Des actions mécaniques concourent aussi à la désorganisation

des roches ; les grandes différences brusques de température, la congélation sous l'action du froid de l'eau interposée (qui, en augmentant de volume, fait éclater les corps les plus résistants), le ruissellement des eaux, la force du vent, désagrègent constamment les roches dont les fragments ou les poussières sont entraînés dans les vallées et forment ce qu'on appelle « l'arène granitique ». (Le Sol — Bonjean).

Cette arène forme un filtre naturel à travers lequel les eaux de pluie pénètrent assez facilement jusqu'à la surface de la roche massive : elles coulent sur celle-ci comme l'impose la gravité et suivant les thalwegs souterrains à moins qu'un accident de terrain ne leur permette de s'échapper sous la forme d'une source limpide.

Au-dessus de l'arène très sableuse, se voient parfois quelques décimètres d'argile maigre, formant un mince manteau, qui aide à préserver les eaux plus profondes des pollutions superficielles. La terre végétale est très mince et quelque fois un peu tourbeuse. La culture s'y fait mal ; aussi la plus grande partie du sol est-elle couverte de landes incultes et de bois clairsemés.

Cet ensemble est favorable à la pureté des eaux souterraines. Malheureusement dans toute la région avoisinant Lorient et jusqu'à 6 ou 7 kilomètres vers le Nord, l'épandage des vidanges provenant de la Ville a contaminé le sous-sol, et c'est précisément dans cette contrée que les travaux d'alimentation d'eau ont été exécutés en 1859 et en 1890.

Il en est résulté que la contamination d'une part et le faible débit des captations dû à la trop faible épaisseur des couches d'arènes granitiques d'autre part, n'ont permis à la Ville de Lorient d'amener à *Kerquillette* qu'un faible volume d'eau de mauvaise qualité.

Tant qu'aux *eaux du Scorff*, rivière d'une longueur de 70 kilomètres environ, qui prend sa source aux confins des Côtes-du-Nord et du Morbihan pour venir se jeter à la mer dans la rade de Lorient, d'un débit variant d'un mètre cube environ par seconde en régime d'étiage, à 30 mètres cubes d'eau dans les grandes crues, elles subissent les causes habituelles de pollution des eaux de rivière. En traversant les agglomérations installées sur ses rives, elles reçoivent tous les déchets de la vie humaine. Le « tout à la rivière » est largement pratiqué dans la région.

Il semble bien que ce soit là la principale cause de la pollution

des eaux du Scorff, sur le cours duquel on ne trouve pas d'industries dangereuses au point de vue de la souillure des eaux. Ceci résulte, en effet, de l'enquête faite en 1907, par M. le Maire de Lorient, auprès de ses Collègues des localités situées sur le cours de cette rivière.

A part quelques brasseries, on ne relève sur les bords du Scorff aucune usine pouvant sérieusement polluer les eaux par ses résidus. Beaucoup de cultivateurs de cette région se livrent bien au rouissage du chanvre, mais comme il est expressément défendu de se servir pour cette opération des eaux de rivière ou de ruisseaux, ils se servent des eaux de fontaines ou de lavoirs privés dépendant de leurs villages.

Outre les déchets de matière animale que ces eaux reçoivent sur leur parcours, elles dissolvent également beaucoup de matières organiques, d'origine végétale principalement, amenées dans leur lit par les eaux de pluie qui s'y déversent de leurs rives aplaties et par la chute des feuilles et autres débris végétaux. Ces matières organiques leur donnent fréquemment une coloration brunâtre qui constitue une difficulté sérieuse pour leur stérilisation par ozonisation.

En résumé, le terrain est granitique, et, si l'on se reporte aux analyses de types de roches d'après DE LAUNAY (Géologie Pratique), la composition moyenne du granit serait la suivante :

Silice (SiO_2)	68 Gr.
Alumine (Al_2O_3)	15
Oxyde de fer (Fe_2O_3)	2.5
Magnésie (MgO)	1.1
Potasse (K_2O)	6
Soude (Na_2O)	7
Acide sulfurique (SO_3)	Traces
Acide phosphorique (P_2O_5)	Traces

Voici, d'autre part, deux analyses de terres de la région que nous avons effectuées et qui donnent une idée de la constitution du sol :

A. — Terre fine	82 gr. 28 0/0
Cailloux	17 gr. 72 0/0

Sable siliceux	84.85 ^{gr.}	Azote	0.217 ^{gr.}
Argile	6.19	Acide Phosphorique	0.07
Matières organiques	4.14	Chaux	0.16
Humus	2.37	Magnésie	0.29
Indéterminés	2.45	Potasse	0.16
		Fer et Alumine	6.42
Total	100.00		

B. — Terre fine	81 gr.
Cailloux	19 gr.

Sable siliceux	88.69	Azote	0.22
Argile	1.12	Acide Phosphorique	0.07
Matières organiques	5.38	Chaux	0.29
Humus	1.56	Magnésie	0.30
Indéterminés	3.25	Potasse	0.27
		Fer et Alumine	6.01
Total	100.00		

Ce sont là des sols siliceux, pauvres en calcaires et acide phosphorique.

De ces considérations géologiques sur la constitution des terrains traversés par les eaux que nous allons étudier, il apparaît bien qu'elles seront peu minéralisées, particulièrement pauvres en sels de chaux. Leur teneur en matières organiques variera suivant la nature du temps, suivant les saisons. Elles présenteront parfois, comme en Janvier 1914 (période de grand froid), les caractères d'eaux de source, limpides, bactériologiquement pures ; le plus souvent, en périodes de pluies surtout, elles seront abominablement polluées comme pendant l'automne 1913 et les mois de Mars et Avril 1914.

Analyses Chimiques & Bactériologiques

des Eaux de la Vallée de Plouay (Projet Brassaud)

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Houerveur	Malachappe	Manébaïl (amont)	Manébaïl (aval)
Date	29 Sept. 1904	29 Sept. 1904	14 Oct. 1904	14 Oct. 1904
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° En Oxygène				
Solution acide	0.750	0.750	1	1
Solution alcaline	0.750	0.750	1	1
2° En acide Oxalique				
Solution acide	5.910	5.910	7.880	7.880
Solution alcaline	5.910	5.910	7.880	7.880
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids	7.500	8.5	9.625	10.625
2° En volume	5.244	5.940	6.729	7.429
Azote ammoniacal	0	0	0	0
Azote organique	0	0	0	0
Nitrites	0	0	0	0
Nitrates	traces	16.1	traces	traces
Acide Phosphorique	0	0	0	0
Acide sulfurique	4.8	6.1	4.1	3.4
Chlore (en NaCl)	33.2	37.2	34.8	34.8
Hydrogène sulfuré	0	0	0	0
Résidu à 110°	62	103	73	70
Silice	13	16	8	7
Chaux (en CaO)	6.1	8.9	7.2	7
Magnésie (en MgO)	traces	6.4	6.4	5.4
Degré hydrotimétrique total	2.5	5	5	4
Degré hydrot. permanent..	1	3.5	1.5	1.5
EXAMEN BACTÉRIOLOGIQUE				
Numération des Germes ..	108	47	60	54
Recherche du coli-bacille..	nég.	nég.	nég.	nég.

Analyses Chimiques & Bactériologiques

des Eaux de la Vallée de Plouay (Projet Brassaud)

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Kermandu	Kerduel	Calan	Kergarance
Date	13 Oct. 1904	14 Oct. 1904	13 Oct. 1904	13 Oct. 1904
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° <i>En Oxygène</i>				
Solution acide	0.50	0.75	0.50	0.75
Solution alcaline	0.50	0.75	0.50	0.75
2° <i>En acide Oxalique</i>				
Solution acide	3.940	5.910	3.940	5.910
Solution alcaline	3.940	5.910	3.940	5.910
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids	10.125	10.125	9.125	10.375
2° En volume	7.079	7.079	6.380	7.254
Azote ammoniacal	0	0	0	0
Azote organique	0	0	0	0
Nitrites	0	0	0	0
Nitrates	12.7	12.2	15.7	11.5
Acide Phosphorique	0	0	0	0
Acide sulfurique	11.6	6.8	20.5	18.5
Chlore (en NaCl)	35.2	35.2	42	36.8
Hydrogène sulfuré	0	0	0	0
Résidu à 110°	71	77	113	100
Silice	5	7	21	23
Chaux (en CaO)	5.6	6.7	6.7	5.2
Magnésie (en MgO)	5.4	5.4	5.7	3.9
Degré hydrotimétrique total	4	4	3	3
Degré hydrot. permanent..	1	1	1	1
EXAMEN BACTÉRIOLOGIQUE				
Numération des Germes ..	83	91	84	25
Recherche du coli-bacille..	nég.	nég.	nég.	nég.

Analyses Chimiques & Bactériologiques

des Eaux de la Vallée de Plouay (Projet Brassaud)

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Houerveur	Malachappe	Manébail (amont)	Manébail (aval)
Date	29 Sept. 1904	29 Sept. 1904	14 Oct. 1904	14 Oct. 1904
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° En Oxygène				
Solution acide	0.750	0.750	1.	1.
Solution alcaline	0.750	0.750	1.	1.
2° En acide Oxalique				
Solution acide	5.910	5.910	7.880	7.880
Solution alcaline	5.910	5.910	7.880	7.880
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids	7.500	8.5	9.625	10.625
2° En volume	5.244	5.940	6.729	7.429
ANALYSE CHIMIQUE				
Azote ammoniacal	0	0	0	0
Azote organique	0	0	0	0
Nitrites	0	0	0	0
Nitrates	Traces	16.1	Traces	Traces
Acide Phosphorique	0	0	0	0
Acide sulfurique	4.8	6.1	4.1	3.4
Chlore (en NaCl)	33.2	37.2	34.8	34.8
Hydrogène sulfuré	0	0	0	0
ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE				
Résidu à 110°	62	103	73	70
Silice	13	16	8	7
Chaux (en CaO)	6.1	8.9	7.2	7
Magnésie (en MgO ;)	Traces	6.4	6.4	5.4
Degré hydrotimétrique total	2.5	5	5	4
Degré hydrot. permanent	1	3.5	1.5	1.5
EXAMEN BACTÉRIOLOGIQUE				
Numération des Germes ..	108	47	60	54
Recherche du coli-bacille ..	n.	n.	p.	p.

Analyses Chimiques & Bactériologiques

des Eaux de la Vallée de Plouay (Projet Brassaud)

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Sondage Peltier	Sondage profond	Bouillière Jaffré	Bouillière Jaffré (aval)
Date	18 Déc. 1904	18 Déc. 1904	10 Janv. 1905	10 Janv. 1905
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° En Oxygène				
Solution acide	0.750	0.75	0.75	1
Solution alcaline	0.750	0.50	0.75	1
2° En acide Oxalique				
Solution acide	5.910	5.910	5.910	7.880
Solution alcaline	5.910	3.940	5.910	7.880
OXYGÈNE DISSOUS				
2° En volume	9.875	10.500	9.375	9.500
2° En volume	6.904	7.340	6.555	6.640
Azote ammoniacal	0	0	0	0
Azote organique	0	0	0	0
Nitrites	0	0	0	0
Nitrates	9.3	10.9	5	7.5
Acide Phosphorique	0	0	0	0
Acide sulfurique	11.6	6.8	3.4	6.1
Chlore (en NaCl)	33.6	39.2	29.6	29.6
Hydrogène sulfuré	0	0	0	0
Résidu à 110°	73	83	72	70
Silice	13	13	21	17
Chaux (en CaO)	4.4	4.4	3.3	3.3
Magnésie (en MgO)	6.5	4.6	4.3	2.8
Degré hydrotimétrique total	3	3	3	3
Degré hydrot. permanent..	10	1	1.5	1.5
EXAMEN BACTÉRIOLOGIQUE				
Numération des germes ..	10	63	38	113
Recherche du Coli-Bacille..	nég.	nég.	nég.	nég.

Analyses Chimiques & Bactériologiques

des Eaux de la Vallée de Plouay (Projet Brassaud)

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Saint- Erven	Desplas	Boudebach	St-Nicolas
Date	11 Janv.1905	18 Janv.1905	5 Avril 1905	5 Avril 1905
MATIÈRES ORGANIQUES				
<i>1° En Oxygène</i>				
Solution acide	1	1	1	1.25
Solution alcaline	1	0.75	1	1
<i>2° En acide Oxalique</i>				
Solution acide	7.88	7.88	7.88	9.85
Solution alcaline	7.88	5.91	7.88	7.88
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids	11.625	10.125	10.125	8.250
1° En poids	8.128	7.079	7.079	5.768
Azote ammoniacal	0	0	0	0
Azote organique	0	0	0	0
Nitrites	0	0	0	0
Nitrates	13.3	traces	7	traces
Acide Phosphorique	0	0	0	0
Acide sulfurique	6.8	6.1	7.5	0
Chlore (en NaCl.....)	37.2	43.6	44	41.6
Hydrogène sulfuré	0	0	0	0
Résidu à 110°	86	74	102	98
Silice	8	7	20	19
Chaux (en CaO).....	2.2	3.3	5.6	7.2
Magnésie (en Mgo)	5.7	6.4	6.4	6.8
Degré hydrotimétrique total	3	2.5	3	3.5
Degré hydrot. permanent..	1.5	1.5	1.5	1.5
EXAMEN BACTÉRIOLOGIQUE				
Numération des germes ..	124	28	69	24
Recherche du Coli-Bacille..	nég.	nég.	nég.	nég.

Analyses Chimiques & Bactériologiques

des Eaux de la Vallée de Plouay (Projet Brassaud)

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Kerbrimot Calan			
Date	14 Mars 1905			
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° En Oxygène				
Solution acide	0.75			
Sclution alcaline	0.50			
2° En acide Oxalique				
Solution acide	5.910			
Solution alcaline	3.940			
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids	8.125			
2° En volume	5.681			
Azote ammoniacal	0			
Azote organique	0			
Nitrites	0			
Nitrates	0			
Acide Phosphorique	0			
Acide sulfurique	8.2			
Chlore (en NaCl)	37.2			
Hydrogène sulfuré	0			
Résidu à 110°	102			
Silice	23			
Chaux (en CaO)	7.8			
Magnésie (en MgO)	5			
Degré hydrotimétrique total	4.5			
Degré hydrot. permanent..	1.5			
EXAMEN BACTÉRIOLOGIQUE				
Numération des Germes ..	223			
Recherche du coli-bacille..	nég.			

CHAPITRE II

**Du traitement des Eaux en vue de leur
stérilisation :**

A. -- Coagulation ;

B. -- Filtration ;

C. -- Ozonisation.

A. COAGULATION

- a. -- Du Sulfate d'alumine ;
 - b. -- De son emploi pour le traitement des Eaux ;
 - c. -- De sa qualité ; son analyse ;
 - d. -- Du contrôle de la dose utilisée ;
 - e. -- De son action au point de vue chimique et bactériologique ;
 - f. -- Considérations hygiéniques sur son emploi ;
 - g. -- Conclusions.
-

Nous donnons plus loin la composition chimique et bactériologique des eaux de Kerguillette et de Kereven. Comme on s'en rendra compte, ce sont presque toute l'année des eaux polluées, souillées par des déchets organiques tant de nature animale que végétale. Nous l'avons dit plus haut, l'épandage se pratique en grand dans la région, ce qui a surtout une répercussion fâcheuse sur les eaux de Kerguillette. Tant qu'aux eaux du Scorff, elles subissent la même cause de souillure, à laquelle viennent s'ajouter les facteurs ordinaires de pollution des rivières et dans le cas actuel, la présence d'abondants résidus de la vie végétale, de nature cellulosique, qui, sous l'action des bactéries se colloïdisent, se solubilisent même, donnant souvent aux eaux une teinte qui varie du jaune au brun madère suivant les saisons. (Nous restons convaincus que si la Ville avait adopté, pour l'épuration de ces eaux, un système de filtration à sable non submergé ou submergé, il eut été nécessaire, même en multipliant les bassins, de recourir fréquemment à l'emploi d'un coagulant, car

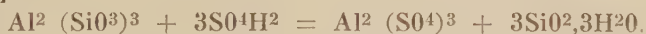
les eaux urbaines auraient été souvent jaunâtres, principalement en périodes de pluies). Or, on sait que le public n'apprécie guère la qualité d'une eau que sur ses caractères organoleptiques, et il faut bien reconnaître qu'une eau, si pure qu'elle soit, n'est agréable à consommer que si elle est en même temps claire, limpide.

La Compagnie Générale de l'Ozone qui a assumé suivant la Convention passée avec la Ville, en date du 20 mai 1911, la charge de stériliser ces eaux, avait pensé qu'Elle y arriverait par une simple ozonisation précédée d'une filtration rapide. Elle n'avait sans doute pas envisagé que la teneur de ces eaux en matières organiques était par moment considérable (jusqu'à 11 milligrammes par litre, en octobre 1913 (voir Analyses). Elle ne s'était pas rendue compte que ces matières organiques, dissoutes, coloraient les eaux en jaune, que, par suite, la filtration les clarifierait bien, mais ne les décolorerait pas ; que pour ces deux raisons : absorption trop considérable d'ozone, difficulté de son action sur une eau colorée, Elle se trouverait dans le plus grand embarras.

Elle dût recourir à l'emploi d'un coagulant, le sulfate d'alumine en l'espèce, qui, ajouté dans les eaux brutes au fur et à mesure de leur arrivée, les décolore, diminue leur teneur en matière organique par sa fixation sur l'Alumine hydratée mise en liberté. Cette adjonction au procédé prévu à la Convention fût, après un examen approfondi, accepté par le Conseil Municipal, dans sa séance du 3 avril 1914.

a. Du Sulfate d'alumine.

PREPARATION. — On le prépare dans les Laboratoires en traitant à chaud le kaolin par la moitié environ de son poids d'acide sulfurique.



La liqueur étendue d'eau, filtrée, concentrée, laisse déposer par le refroidissement des petits cristaux orthorhombiques efflorescents que l'on égoutte, sèche entre des doubles de papier filtre.

On peut encore le préparer en traitant l'alumine pure par l'acide sulfurique.

Le sulfate d'alumine, utilisé à l'Usine du Petit Paradis, provient de la Société d'Alumine de Pierre Bénite, près Lyon, et est obtenu par l'attaque de la bauxite au moyen de l'acide sulfurique.

PROPRIETES. - - Le sulfate d'alumine employé pour la clarification des eaux, neutre au point de vue chimique, a en réalité une réaction acide très marquée (on prend pour sulfate neutre celui qui a trois fois plus d'oxygène dans l'acide que dans la base). Pendant longtemps, on lui a attribué la formule $\text{Al}^2(\text{SO}^4)^3, 18\text{H}^2\text{O} = 666$, mais il semble bien résulter des travaux de M. Marguerite Delacharbonnay qu'il ne contient que 16 molécules d'eau.

Pur, il cristallise en prismes orthorhombiques, lamelles minces, flexibles, d'aspect nacré, non hygrométriques, plutôt efflorescentes :

Comme tous les sels d'alumine dont l'acide est incolore, le sulfate d'alumine est incolore. Il est très soluble dans l'eau (environ 50 000), et, comme les oxysels solubles d'alumine, il a une saveur douceâtre, astringente ; il rougit le tournesol ; il perd son acide au rouge. Il présente les caractères généraux des sels d'alumine :

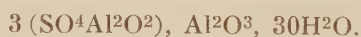
— La potasse et la soude donnent dans ses dissolutions un précipité gélatineux d'Hydrate d'alumine qui se précipite en fixant de l'alcali le plus souvent mélangé avec du sulfate basique. Le précipité est soluble dans un excès d'alcali.

— L'ammoniaque donne également un précipité d'Hydrate d'alumine mélangé à un sel basique $\text{Al}^2\text{O}^3, \text{SO}^3, 9\text{HO}$. Un grand excès d'ammoniaque redissout le précipité. La précipitation n'est complète qu'en présence de sels ammoniacaux.

— Le sulfate de potasse détermine dans les solutions concentrées la formation d'un sulfate double d'alumine et de potasse $\text{SO}^4\text{K}^2 + (\text{SO}^4)^3 \text{Al}^2 + 24\text{H}^2\text{O}$.

— Les carbonates alcalins précipitent de l'Hydrate d'alumine, peu soluble dans un excès de carbonates alcalins fixes, moins encore dans un excès de carbonate d'ammoniaque. Il peut se précipiter en même temps du carbonate basique.

— Avec le carbonate de chaux, il se forme de même du sulfate de chaux, un sous-sulfate d'alumine, insoluble, et de l'acide carbonique qui se dégage. Ce sous-sulfate paraît avoir pour formule



En résumé, l'Hydrate d'alumine obtenue en précipitant un sel soluble d'alumine par un alcali ou un alcalino-terreux *retient tou-*

jours un peu de l'acide auquel l'alumine était combinée, et cette formation de sous-sel semble particulièrement constante quand la solution alumineuse est une solution sulfurique. Ce fait est intéressant à retenir dans l'étude de l'action du sulfate d'alumine sur les eaux.

On sait, d'autre part, en analyse qualitative, que cette précipitation d'alumine est entravée par la présence de matières organiques. C'est que, en ce cas, elle fixe ces matières, les colle en formant avec elles de véritables laques.

C'est de cette propriété que possède l'alumine hydratée, *de coaguler*, d'entraîner dans sa précipitation les matières organiques, que découlent ses principales applications industrielles : fabrication de papiers peints, teintures et impressions des tissus, clarification des sucres, etc... C'est en raison de cette action coagulante, clarifiante, qu'on s'adresse au sulfate d'alumine pour débarrasser l'eau de l'excès des matières organiques qu'elle peut renfermer. C'est cette action sur nos eaux au point de vue chimique et au point de vue bactériologique que nous allons maintenant étudier.

b. De l'emploi du sulfate d'alumine.

A leur arrivée sur les bassins filtrants, les eaux brutes (deux volumes d'eau de Kereven pour un de Kerguillette, voir page 17), se réunissent dans un même bac, s'y mélangent. Pendant leur passage dans ce compartiment, elles reçoivent une quantité déterminée d'une solution de sulfate d'alumine, provenant d'un récipient en grès placé au-dessus du bac. Ce récipient est en communication avec une grande cuve latérale dans laquelle on fait, tous les matins, au moment de la mise en marche, la solution du coagulant (280 kilos pour la cuve, soit 111 grammes de sulfate d'alumine par litre). Il est muni d'un flotteur et porte à la partie inférieure une tubulure sur laquelle il est possible, au moyen de bouchons perforés, de fixer des tubes de verre de diamètres différents, tels qu'ils laissent passer 250 cc. de la solution en 10, 12, 15, 20 ou 25 secondes. Supposons, par exemple, que l'on prenne l'ajutage donnant 250 cc. en 10 secondes ; il débiterait 1500 cc. en une minute, soit $1,5 \times 111 = 165$ gr. de sulfate d'alumine à la minute.

Si l'arrivée des eaux brutes est de 480 m³ à l'heure, par exemple, elle est de 480 = 8 m³ à la minute, et par suite, la dose de sulfate

d'alumine reçue est de $\frac{60}{8} = 7.5$ gr. par mètre cube, soit 20 milligr. par litre.

Les eaux additionnées de la solution de sulfate d'alumine passent dans les bassins de coagulation, puis sur les filtres. Avec un peu d'habitude, il est facile de se rendre compte de la bonne marche de la coagulation par la formation de nombreux flocons, gris sales, qui flottent dans les eaux, puis se déposent peu à peu. La dose de sulfate d'alumine a varié depuis le fonctionnement de l'usine de 14 à 35 milligrammes par litre d'eau traitée : 12 à 15 milligrammes environ en période sèche, quand les eaux sont relativement peu chargées, jusqu'à 35 milligrammes dans les périodes de grandes pluies.

Nous avons vu l'action du sulfate d'alumine sur les carbonates alcalins et alcalino-terreux. Que se passe-t-il dans les eaux à l'arrivée du coagulant ? Le sulfate d'alumine forme avec les carbonates alcalino-terreux qui y sont contenus double décomposition et, si l'on suppose ces carbonates exprimés en carbonate de chaux, la réaction *théorique* pourra s'écrire :



ce qui indique que la quantité de sulfate d'alumine, nécessaire et suffisante pour faire cette double décomposition, est de 666 gr. pour 300 gr. de carbonate de chaux, autrement dit, que pour 1 milligramme de carbonate de chaux, la quantité maxima de sulfate d'alumine à employer est de 2 milligr. 2. Or, ces eaux renferment par litre de 14 à 20 milligrammes de carbonates alcalino-terreux exprimés en carbonate de chaux. Si l'on admet que la dose de sulfate d'alumine doit être telle qu'il reste encore un peu de carbonate, 5 milligrammes, par exemple, il faudra tabler, soit sur 9 milligrammes, soit sur 15 milligrammes de carbonate de chaux et la dose convenable de coagulant variera de 19 à 35 milligrammes par litre.

Il semblerait donc très simple de prendre tous les matins, au moment de la mise en marche, le titre alcalimétrique des eaux brutes, de l'exprimer en carbonate de chaux, et de calculer, d'après

l'équation ci-dessus, la quantité de sulfate d'alumine à employer dans la journée.

Mais il faut remarquer que la dose calculée ainsi est toute théorique, suppose l'absence totale de matières organiques qui, nous l'avons vu, empêchent ou rendent incomplète la précipitation, et si des doses de 12 à 14 milligrammes seront suffisantes pendant les périodes où l'eau renferme un chiffre moyen de ces substances pour des eaux de surface ou de rivière (4 à 6 milligrammes), il deviendra nécessaire lorsqu'elles atteindront les chiffres de 8 à 10 milligrammes, en période des pluies torrentielles, en automne particulièrement (alors que la chute des feuilles apporte dans l'eau des éléments cellulosiques, qui se solubilisent, se transforment en matières humiques sous l'action des bactéries), d'augmenter cette dose. En un mot, à proportions égales de carbonate calcaire, la quantité de sulfate d'alumine à employer variera avec la teneur en matières organiques.

(Ceci est amplement démontré par la mise en application de la coagulation à l'Usine du Petit Paradis). En effet, les eaux traitées, coulant dans des terrains granitiques, ont une minéralisation qui ne varie guère, tandis que les matières organiques varient dans des proportions considérables.

Nous avons donc cherché, la concentration d'Ozone par mètre cube d'eau restant relativement constante, quelle était la dose de sulfate d'alumine utile en fonction de la teneur des eaux en ces substances.

Pour effectuer cette recherche, nous avons eu recours à la bonne collaboration de Monsieur Philippe, Directeur de l'Usine du Petit Paradis. Nous lui avons préparé une solution mère de permanganate de potasse à 3 grammes 95 par litre.

En en prenant 10 cc. dans un ballon jaugé de 100 cc., complétant avec de l'eau distillée, il obtient une solution à 0 gr. 395 par litre (nous partons d'une solution mère beaucoup plus stable qu'une solution diluée) : 10 cc. correspondant à 1 milligramme d'oxygène.

Monsieur Philippe dose les matières organiques tous les matins, avant la mise en marche.

MODE OPÉRATOIRE. — Dans trois ballons A, B, C, on introduit 333 cc. d'eau, 3 cc. de solution de bicarbonate de soude à 10 0/0, et respectivement 10, 15, 20 centimètres cubes de la solution de permanganate de potasse. On porte à l'ébullition pendant 10 minu-

tes. Si le liquide du ballon A est resté violet, si tout le permanganate de potasse n'a pas été réduit, c'est que l'eau renferme moins de 3 milligrammes de matières organiques par litre, puisque 10 cc. de la solution de permanganate correspondent à 1 milligramme d'oxygène et que l'on a opéré sur un tiers de litre.

Si le liquide du ballon A est décoloré et que celui de B ne l'est pas, la teneur en matières organiques se trouve comprise entre 3 milligrammes et 4 milligr. 5, puisque les 15 cc. de la solution de permanganate ajoutés au ballon B correspondent à 1 milligramme 5 d'oxygène.

Si le liquide du ballon B est décoloré et que celui du ballon C ne l'est pas, la teneur se trouve entre 4 milligr., 5 et 5 milligrammes. grammes 5 et 6 milligrammes.

Enfin, si le liquide du ballon C est décoloré, c'est que l'eau renferme plus de 6 milligrammes de matières organiques par litre.

En deçà et en delà de cette proportion, il suffit de diminuer ou d'augmenter, par fractions de 5 cc., les doses de permanganate pour savoir d'une façon suffisamment approximative le taux de ces substances :

5 cc. de la solution correspondent à 1,5 de matières organiques.					
25 cc.	—	—	7	—	—
30 cc.	—	—	9	—	—

etc...

En procédant simultanément :

au calcul des doses de sulfate d'alumine utilisées ;

à la vérification de la réaction bleue dans l'eau à la sortie des émulseurs ;

à l'examen bactériologique de l'eau ozonée,

nous en sommes arrivé à cette conclusion que pour une concentration sensiblement constante de 0 gr. 50 d'Ozone par mètre cube d'eau, il faut pour la bonne marche de la stérilisation dans le cas qui nous intéresse :

12 à 15 gr. de sulfate d'alumine p ^r litre p ^r 3 à 4,5 mgr. de mat. organ.				
15 à 20 gr.	—	—	4,5 à 6	—
20 à 30 gr.	—	—	6 à 7,5	—
30 à 40 gr.	—	—	7,5 à 9	—

(Voir contrôle de la marche de l'Installation Electrique et Analyses Bactériologiques).

c. Contrôle de la qualité du Sulfate d'alumine.

Du fait du minerai ou des produits chimiques utilisés pour sa préparation, le sulfate d'alumine peut renfermer certaines impuretés, telles que le fer, provenant de la bauxite, qui, nous l'avons vu, en contient presque toujours de notables proportions ; des traces d'arsenic provenant de l'acide sulfurique employé pour la fabrication ; des traces de plomb provenant du même acide ou de son action sur les chambres de plomb ; enfin, il peut renfermer des sels ammoniacaux, des alcalino-terreux, des matières organiques.

En raison de la solubilité dans l'eau de ces impuretés, il faut nécessairement que le sulfate d'alumine en soit exempt.

Nous recherchons :

LES MÉTAUX, en faisant passer un courant d'Hydrogène sulfuré, en milieu chlorhydrique, dans une solution de sel à 10 0/0 ; nous n'avons jamais obtenu de précipité, ni de coloration, ce qui nous a permis de conclure à l'absence de plomb et de cuivre ;

LE FER, par la coloration bleue que donne le ferrocyanure de potassium avec les sels ferreux ;

L'ARSENIC, par la classique méthode de Marsh et par le réactif à l'acide hypophosphoreux de Boudault ;

LES SELS AMMONIACAUX, par action de la soude à chaud ;

LES ALCALINO-TERREUX (chaux, magnésie), dans les solutions débarrassées de l'alumine par l'ammoniaque à l'ébullition ;

LES MATIÈRES ORGANIQUES, par la calcination.

Toutes ces recherches nous ont toujours donné des résultats négatifs, sauf pour le fer, dont nous avons caractérisé la présence de petites quantités.

DOSAGES. — Nous dosons :

L'humidité sur 10 grammes, à 100-110° ;

L'acide sulfurique par précipitation, en milieu chlorhydrique, à chaud, à l'état de sulfate de baryte ;

L'alumine, par calcination ou par précipitation à chaud par l'ammoniaque, dans le but de rechercher les alcalino-terreux.

Nous avons obtenu comme moyenne de nos analyses :

Humidité	10 o/o.
Acide sulfurique (en SO_3)	34 gr.326 o/o.
Alumine (en Al_2O_3)	15 o/o.
Soit 49 o/o de sulfate d'alumine anhydre, ou 90 o/o de sulfate d'alumine hydraté à 16 molécules d'eau.	

CONCLUSIONS. — Le sulfate d'alumine employé est d'excellente qualité.

d. Contrôle de la dose de Sulfate d'alumine employée.

Il apparaît immédiatement que pour contrôler cette dose, il suffit de titrer l'acide sulfurique dans la solution se déversant dans les eaux brutes, de l'exprimer en Sulfate d'alumine et d'en rapporter la quantité trouvée au cube d'eau arrivant aux bassins filtrants. Mais cette méthode ne peut pas donner de résultats immédiats.

On pourrait encore opérer, comme pour la recherche rapide du plâtrage des vins, au moyen de solutions de chlorure de baryum à titres connus.

Ce moyen est beaucoup plus rapide, mais seulement approximatif, à moins de multiplier les solutions de chlorure de baryum.

Il est plus simple de se baser sur la densité de la solution. Le procédé est rapide, suffisamment précis : dans une grande éprouvette nous prenons la densité de la solution, notons la température et nous nous reportons ensuite à la table des densités à 15° des solutions aqueuses du sulfate d'alumine (Haller-Gérard, page 100).

Nous calculons ensuite la dose qui est employée par mètre cube d'eau, comme nous l'avons indiqué page 32.

e. Action du sulfate d'alumine au point de vue chimique. -- Sa recherche dans les eaux traitées. -- Analyse des boues des dégrossisseurs.

Les résultats des analyses chimiques que nous donnons plus loin montrent :

1° Que la composition minérale des eaux n'est pas sensiblement modifiée par l'action du coagulant ;

2° Que l'alcalinité est légèrement diminuée ;

<i>Date de l'Analyse</i>	<i>Alc. calculée</i>	<i>Alc. trouvée</i>
17 Octobre 1913.....	15 milligr	10 milligr
18 Octobre 1913.....	16	13
10 Novembre 1913.....	17	15,5
24 Janvier 1914.....	17	16
12 Mars 1914.....	20	19

3° La proportion d'acide sulfurique est très légèrement augmentée. Cette augmentation est parfois insignifiante :

<i>Date de l'Analyse</i>	<i>calculée</i>	<i>trouvée.</i>
17 Octobre 1913.....	7 milligr. 8	13 milligr
18 Octobre 1913.....	8,3	12
10 Novembre 1913.....	9,6	10
18 Décembre 1913.....	8,4	12,5
24 Janvier 1914.....	7,03	7,5
6 Mars 1914.....	7,	9,
12 Mars 1914.....	8,3	9,

Ces résultats sont corroborés par les mesures de résistivités électriques et les mesures cryoscopiques qui n'indiquent, comme nous le verrons plus loin, qu'une augmentation insignifiante de la minéralisation.

Analyses des Boues des Dégrossisseurs

Les boues liquides ont été desséchées à l'air du Laboratoire, pulvérisées, tamisées. Nous avons procédé à leur analyse comme pour l'analyse d'une terre : 50 grammes ont été attaqués pendant cinq heures au bain de sable avec 50 grammes d'acide azotique pur ; la liqueur azotique a été étendue à 500 cent. cubes avec de l'eau distillée. Nous avons eu ainsi une solution au 1/10^e, sur laquelle nous avons dosé l'alumine, la chaux, la magnésie, l'acide sulfurique, les matières organiques.

Ces dosages nous ont donné les résultats suivants :

(1). — Les dégrossisseurs, comme nous l'expliquons dans le chapitre suivant, sont des bassins filtrants que les eaux traversent rapidement et dont le rôle principal consiste à retenir les matières étrangères en suspension.

Acide sulfurique (en SO_3)	2 gr. 08 o/o.
— (en SO_4) $^3\text{Al}_2$, $16\text{H}_2\text{O}$	5 gr. 40 o/o.
Alumine (en Al_2O_3)	31 gr. 40 o/o.
Chaux (en CaO)	0.05 o/o.
Magnésie (en MgO)	0.07 o/o.
Matières organiques (par calcination)	28.70 o/o.

Ces chiffres montrent qu'il reste de petites quantités de coagulant fixées sur les dégrossisseurs, à l'état, sans doute, de sous-sulfate, conformément aux données chimiques que nous avons exposées plus haut, à savoir : que l'Hydrate d'alumine, obtenue en précipitant un sel soluble d'alumine par un alcali ou un alcalino-terreux, retient toujours un peu de l'acide auquel l'alumine était combinée, et que cette formation de sous-sel semble particulièrement constante quand la solution alumineuse est une solution sulfurique (Frémy).

Action du Sulfate d'alumine au point de vue bactériologique

Pour déterminer cette action, nous avons opéré, à plusieurs reprises, de la manière suivante :

- 1° Nous avons prélevé de l'eau à la sortie des dégrossisseurs ;
- 2° Nous avons recueilli dans des ballons jaugés, préalablement stérilisés, deux litres d'eau brute qui ont été respectivement additionnés de un dixième, deux dixièmes, trois dixièmes de centimètre cube de la solution de sulfate d'alumine à 111 grammes par litre. Le premier recevait donc 11 milligrammes de coagulant par litre, le deuxième 22 milligr., le troisième 33 milligr., doses ordinairement utilisées suivant la teneur des eaux en matières organiques.
- 3° Nous avons fait concurremment des prélèvements d'eau brute.

Sur ces différentes eaux, nous avons procédé à la numération des germes et à la recherche du Coli-Bacille.

RÉSULTATS OBTENUS. — Nous avons toujours constaté que le nombre des germes diminuait notablement dans les eaux additionnées de sulfate d'alumine, mais avons renoncé à apprécier le taux de cette diminution pour plusieurs raisons :

- a) Il est impossible de pratiquer la numération, à la même date,

de toutes les plaques de gélatine, certaines plaques liquéfiant rapidement ; il faut alors, pour calculer le nombre de germes qui se seraient développés après un nombre de jours déterminés, au quinzième par exemple, se servir de tables (Miquel ou Vincent ou Rossi) et nous estimons qu'une pareille numération, surtout pour des résultats comparatifs, n'a aucune valeur ;

b) Deux eaux différentes ne renferment pas mathématiquement dans chaque molécule un nombre proportionnel de germes ; la même eau n'en contient pas non plus un nombre égal dans chaque molécule : ils n'y sont pas répartis comme les ions d'un sel en solution : 2 cent. cubes ne doivent pas forcément renfermer deux fois plus de germes qu'un centimètre cube.

En un mot, la numération bactériologique n'a rien de mathématique, et si, dans une telle recherche, il est possible de se rendre compte d'une diminution du nombre de germes, il nous paraît impossible de l'apprécier exactement.

Nous donnons, à titre d'exemple, nos résultats du 14 mai dernier (numération pratiquée le 16 mai en raison de la liquéfaction précoce de certaines plaques (L).

Volumes ensemencés	Eau brute	Eau avec 11 mm de coa- gulant	Eau avec 22 mm.	Eau avec 33 mm.
Germes dans 1/10 de cc.	L	14	8	33
id. 2/10 de cc.	L	28	33	17
id. 3/10 de cc.	59	28	L	42

RECHERCHE DU COLI-BACILLE. — Nous avons obtenu des résultats plus probants dans la recherche du Coli-bacille. En général, nous ne l'avons pas retrouvé dans les eaux additionnées de 33 milligrammes de coagulant par litre, et le plus souvent, nous avons constaté qu'il existait encore dans celles additionnées de 22 et 11 milligrammes.

En résumé, l'action de l'Hydrate d'Alumine provoque une diminution sérieuse du nombre des germes contenus dans les eaux, en agissant moins sans doute comme antiseptique que comme agent mécanique les fixant sur les dégrossisseurs.

f. Considérations hygiéniques sur l'emploi du sulfate d'alumine au point de vue de l'Hygiène.

Faisons d'abord remarquer qu'il ne faut pas confondre (comme on le fait souvent dans le public), le sulfate d'alumine avec l'*alun*, qui est un sulfate double d'alumine et de potasse et qui, du fait de la présence de cette dernière base, possède une certaine causticité. Le sulfate d'alumine pur, lui, n'est pas caustique et ne doit renfermer ni acide sulfurique libre, ni bases ou métaux étrangers : ammoniaque, plomb, fer, arsenic, s'il a été bien préparé.

Nous avons vu que son addition aux eaux, telle qu'elle est pratiquée, ne modifiait pas sensiblement leur composition chimique. *Nous pouvons donc affirmer que cette addition ne peut avoir aucune influence nocive sur la santé de nos Concitoyens.* Au surplus, l'emploi du sulfate d'alumine pour la clarification des eaux n'est pas de date récente et son utilisation est courante dans la filtration par les filtres rapides dits « Américains ». Il n'est pas à notre connaissance que ce traitement ait jamais eu une répercussion fâcheuse sur l'état sanitaire des populations alimentées par des eaux soumises à ce mode d'épuration.

Mais on peut se demander ce qu'il adviendrait si le coagulant était employé en grand excès.

En ce cas, les eaux renfermeraient fatalement du sulfate d'alumine, et son absorption prolongée serait de nature à provoquer des désordres dans l'organisme. Si, en effet, les sels d'alumine sont peu toxiques, il n'en est pas moins vrai que ce sont des éléments étrangers à nos tissus.

Ils formeraient facilement des combinaisons insolubles avec les albuminoides, ils irriteraient la muqueuse gastro-intestinale, pourraient produire des phénomènes de gastro-entérite.

Cet excès de sulfate d'alumine donnerait à l'eau une saveur astringente, désagréable.

Pour toutes ces raisons, l'emploi de ce coagulant, quand il devient nécessaire pour la clarification de certaines eaux, doit être judicieux, déterminé avec soin par ceux qui assument la responsa-

bilité de la surveillance des eaux d'alimentation soumises à ce traitement.

CONCLUSIONS. — 1° *L'emploi d'un coagulant est nécessaire pour la décoloration de ces eaux ;*

2° *Son action ne modifie pas sensiblement leur composition chimique ; elle diminue la proportion de leurs matières organiques généralement considérable, les décolore. Au point de vue bactériologique, elle a pour résultat de commencer effectivement l'épuration bactérienne en fixant sur les filtres les germes entraînés avec l'Hydrate d'Alumine ;*

3° *Cette addition, à doses raisonnées, ne peut avoir aucune influence néfaste sur l'état sanitaire de la population.*

B. FILTRATION

- a. Description des Filtres ; leur fonctionnement, leur débit, leur nettoyage ;
 - b. De leur action au point de vue chimique et bactériologique.
-

Les procédés d'épuration des eaux par les filtres sont les premiers qui soient venus à l'esprit des hommes. N'est-ce pas, en effet, le meilleur moyen d'imiter la nature dans son œuvre ? Mais est-ce bien reproduire fidèlement cette œuvre, que de faire traverser à l'eau que l'on veut épurer une couche de sable plus ou moins épaisse ?

La filtration naturelle s'opère sur des surfaces très étendues, lentement, à travers des couches de terrain d'épaisseur variable, mais toujours bien plus considérable que celle de nos bassins filtrants ; l'air et la lumière aident puissamment l'action épuratrice du sol. Par le travail complémentaire des agents de la nitrification, la matière organique est modifiée, minéralisée.

Cette filtration est-elle comparable à celle de nos installations où nous faisons passer sur une épaisseur de sable assez faible, dans un espace de temps limité, des volumes d'eau parfois considérables ? Assurément non.

Il faut reconnaître cependant que ces filtres améliorent sérieusement la qualité des eaux. L'Angleterre, puis l'Amérique, l'Allemagne, la France plus tardivement, les ont adoptés. C'est le système qu'utilisent beaucoup de nos grandes villes, Nancy, Lille, Le Mans, Châteaudun, Nantes.

Malheureusement, si bien conduits que soient ces filtres, il est impossible de leur demander une épuration complète de l'eau traitée. La filtration diminue le nombre des germes dans des propor-

tions notables, mais elle ne les retient pas tous, et comme les germes qu'elle laisse subsister peuvent être aussi bien des germes pathogènes que des espèces banales, leur emploi ne crée-t-il pas une fausse sécurité ? Nous estimons qu'un procédé de stérilisation, vraiment digne de ce nom, ne doit laisser dans les eaux, qu'un petit nombre d'espèces banales (des sporulés, *Bacillus subtilis*, *Megaterium*, *Mesentericus*), considérés comme inoffensifs. Si les eaux traitées renferment une forte proportion de matières organiques, cette proportion doit être abaissée à un ou deux milligrammes par litre, les eaux chargées de ces substances restant des milieux appropriés au développement des microbes et favorisant dans notre organisme celui des agents de fermentations.

Nous verrons tout à l'heure que, même avec l'addition du sulfate d'alumine qui possède une action bactéricide incontestable, les filtres laissent passer des germes suspects, des espèces pathogènes. C'est pourquoi nous estimons que toutes les installations filtrantes doivent être complétées par un procédé de stérilisation amenant une épuration définitive.

a. Description des Filtres ; leur fonctionnement ; leur débit ; leur nettoyage.

Nous avons dit qu'à leur arrivée sur les bassins filtrants, les eaux des deux stations de pompage de Kereven et de Kerguillette se mélangeaient dans un bac où elles recevaient la solution de coagulant.

STATION DE KEREVEN. — Cette station, installée sur les bords mêmes du Scorff, en refoule les eaux dans un réservoir dit du « Leslé », à raison de 180 mètres cubes à l'heure au moyen de 3 pompes électriques. Ce réservoir qui se trouve à la cote 56 sert plutôt de régulateur de débit. De là, les eaux se rendent par gravitation naturelle à l'Usine du Petit Paradis qui est à la cote 41.

La conduite, d'une longueur de 11 kilomètres 251 mètres, est, partie en fonte, partie en ciment. A l'endroit de la prise d'eau, et de-

vant la conduite d'amenée, se trouvent deux grillages en forte toile métallique pour empêcher les feuilles et les corps étrangers de pénétrer dans la galerie.

STATION DE KERGUILLETTE. — Cette station, située à quelques cents mètres de l'usine, dans la vallée que borde la route nationale du côté opposé, comporte 6 pompes électriques, groupées deux à deux, pouvant marcher séparément. Chaque pompe peut refouler 61 mètres cubes d'eau à l'heure. Ces eaux sont captées dans la vallée de Quéven. La conduite est toute en fonte. La hauteur d'élévation est de 30 mètres.

FILTRES. — Le système initial comportait :

8 Bassins dégrossisseurs, retenant les matières en suspension,

8 Bassins filtrants proprement dits,

suivant les schémas ci-dessous :

L'emploi du sulfate d'alumine a nécessité la transformation des bassins 3, 4, 5, 6, en bassins de décantation.

Les bassins 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ont 85 mètres carrés de surface, les autres ont chacun 170 mètres carrés.

Le fond de tous ces bassins est en ciment armé sur lequel reposent des chevalets et des barreaux de grille supportant des galets et une couche de sable de Loire, lavé, d'une épaisseur de 80 à 90 centimètres.

Du bac à sulfate d'alumine, les eaux se rendent dans les dégrossisseurs, puis dans les bassins de décantation et les bassins filtrants, comme l'indique le sens des flèches : elles pénètrent par la partie inférieure dans les bassins 1, 2, 7, 8, et par la partie supérieure dans les autres bassins. En sortant des bassins 3, 4, 5, 6, elles sont reçues dans un caniveau qui longe tous les filtres, les alimente au moyen de vannes, dont la fermeture permet de les isoler à volonté. De ce fait, les eaux passent rapidement dans les bassins dégrossisseurs, séjournent deux heures environ dans les bassins de décantation où la coagulation se produit, puis se rendent dans les bassins filtrants où la circulation est beaucoup plus lente.

Le débit dans les dégrossisseurs est de 110 mètres cubes à l'heure pour 83 mètres carrés de surface ; dans les filtres il est de 150 mètres cubes pour 170 mètres carrés. Il n'est donc pas nécessaire de

mettre les 8 bassins filtrants en service, ce qui permet leur nettoyage. Chaque série peut filtrer 5000 mètres cubes d'eau par 24 heures ; les deux séries fonctionnant ensemble peuvent donc en filtrer 10.000 mètres cubes pendant le même laps de temps.

Les eaux après filtration, dont la durée totale est de 3 heures à 3 heures 1/2, se rendent par un collecteur commun qui se trouve à la partie inférieure des filtres, au bassin d'aspiration des pompes de l'usine. Ce bassin a une capacité de 300 mètres cubes.

NETTOYAGE. — Les bassins 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, sont nettoyés (deux fois les matins), par refoulement d'air comprimé arrivant à leur partie inférieure par 6 tuyaux de grès qui les traversent sur toute leur largeur. Ces tuyaux sont percés d'une quantité de petits trous par lesquels l'air s'échappe, chassant les boues qui se sont déposées. En même temps, on fait arriver l'eau par la partie inférieure également et toutes les boues sont entraînées dans un caniveau de vidange. L'air comprimé est refoulé par deux compresseurs d'air, système Rooth, réunis à la station de soufflage contiguë aux bassins. Ce nettoyage se fait rapidement, (une demi-heure), et est très économique.

Les filtres n'étant pas munis de ce système à air comprimé, doivent être nettoyés à la pelle. Les hommes placent des planches sur le sable pour en éviter le tassement et enlèvent à l'aide de pelles spéciales la couche colmatée, la membrane biologique. Chaque bassin reste donc en service pendant quatre mois environ.

En résumé, le système de filtration qui ne devait comporter primitivement qu'un dégrossissage rapide et une filtration lente, comporte aujourd'hui :

4 Bassins dégrossisseurs,

4 Bassins de décantation,

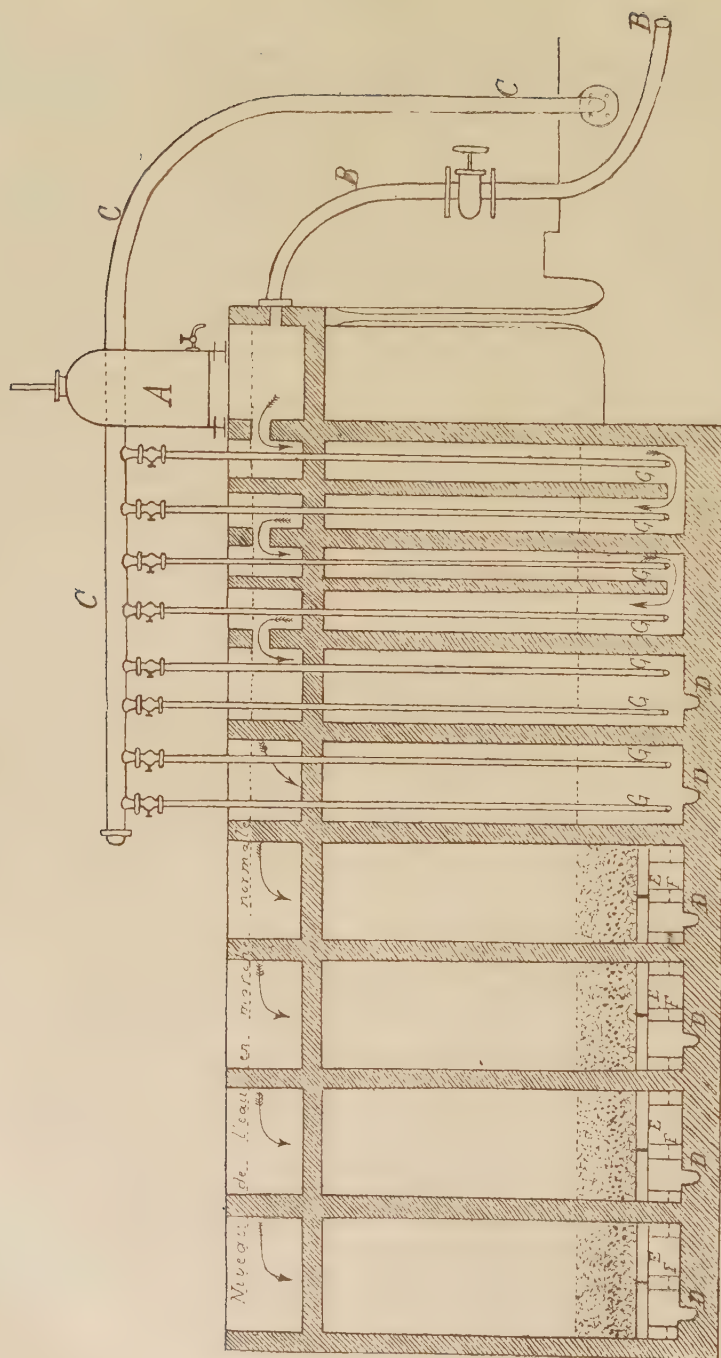
4 Bassins filtrants proprement dits.

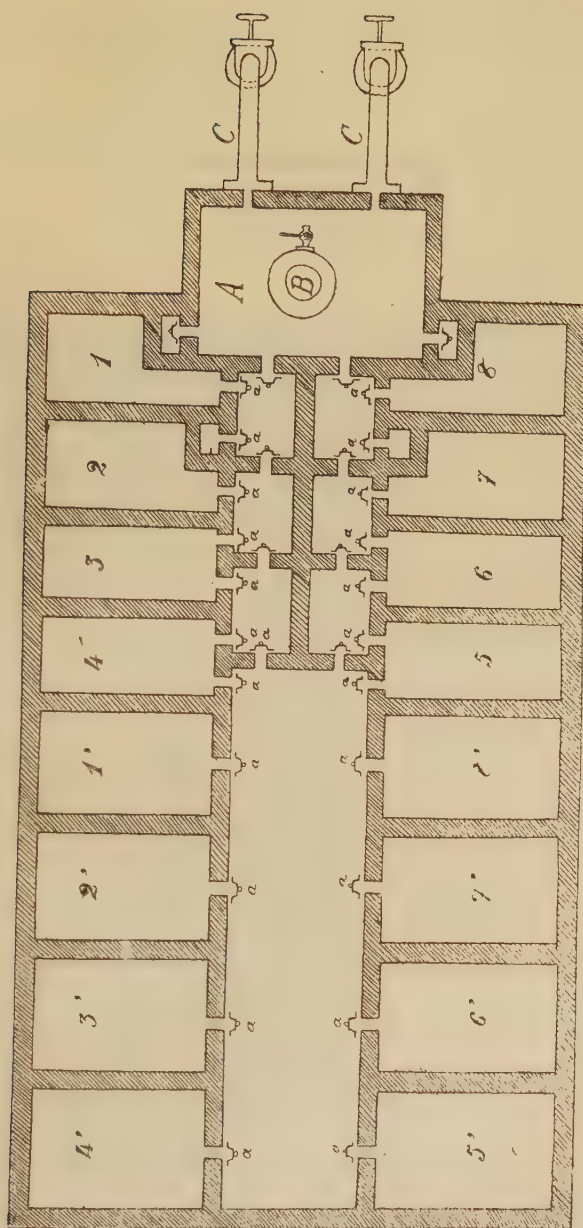
La dénomination des premiers indique suffisamment leur rôle.

Nous avons vu dans l'exposé de la coagulation l'utilité des seconds.

Quant aux troisièmes, leur fonctionnement est celui de tous les bassins à sable submergé du même genre, galeries filtrantes, puits Lefort. La marche de ces filtres est bien connue.

Le colmatage, la formation de la membrane biologique demande 3 semaines environ. En attendant que cette couche filtrante soit formée, que le filtre soit « mûr » pour employer l'expression habituelle, l'eau filtrée est rejetée.





Vue des Bassins filtrants



Action des Filtres au point de vue chimique et bactériologique.

a) Au point de vue Chimique :

Il n'y a pas à tenir compte de l'action des dégrossisseurs dont le rôle consiste uniquement à retenir les corps en suspension.

Nous avons vu l'action du sulfate d'alumine dans les bassins de décantation.

En raison de l'emploi de ce coagulant, celle des bassins proprement dits est fort difficile à apprécier. Il est à présumer que leur intervention n'a aucune répercussion sur la composition chimique des eaux, si on en juge par les constatations faites dans les installations ne comportant que des filtres de ce genre. La proportion de la matière organique n'est pas diminuée.

b) Au point de vue Bactériologique :

Ils retiennent une grande partie des germes qui n'ont pas été fixés sur les dégrossisseurs par l'hydrate d'alumine, de sorte que l'eau, en arrivant aux émulseurs, a déjà subi une sérieuse épuration que termine radicalement l'action énergique de l'Ozone.

C. OZONISATION

- a. De l'Ozone ;
 - b. De la production de l'air électrisé à l'Usine du Petit-Paradis ;
 - c. Etude des Méthodes de dosage d'Ozone dans l'air électrisé ;
 - d. De l'action de l'Ozone ;
 - e. Conclusions.
-

a. De l'Ozone.

Avant d'étudier son utilisation pour la stérilisation des eaux, nous rappellerons, très brièvement, ce qu'est l'Ozone, quelles sont ses principales propriétés. Nous renverrons pour de plus amples détails aux traités de Chimie.

Quand on fait passer un grand nombre d'étincelles électriques dans l'Oxygène, on constate que ce gaz prend de nouvelles propriétés, en même temps qu'il se dégage une odeur spéciale, phosphoreuse, pénétrante. Il se produit dans cette action de l'étincelle électrique, observée par VAN MARUM, dès 1783, un gaz nouveau auquel BERZELIUS donna le nom d'Oxygène allotropique, BECQUEREL et FREMY, celui d'air électrisé, SCHNENBEIN enfin le nom d'Ozone (O_3 , je sens), qui lui est resté.

Ce gaz provient d'une modification allotropique de l'oxygène absorbant 29 c. 6 pour 48 grammes d'ozone produit (Berthelot), modification consistant, comme l'a démontré SORET, dans la condensation de 3 volumes d'oxygène en 2 volumes, et l'Ozone s'écrit :

$\overset{O}{\underset{O}{\underset{O}{\text{V}}}}$ Cette formule a été établie par l'étude comparée des vitesses de diffusion du chlore, de l'acide carbonique et de l'Ozone, la for-

mation de ce dernier et sa destruction sous l'influence des agents physiques ou chimiques, enfin la détermination de sa densité.

Une énergie étrangère est toujours nécessaire à cette production, l'Ozone étant formé avec absorption de chaleur.

C'est ainsi que l'Ozone existe dans l'air atmosphérique, prend naissance :

quand on laisse au contact de l'air des bâtons de phosphore humide, par résinification de l'essence de térébenthine ;

quand on fait réagir l'acide sulfurique sur le bioxyde de baryum, à froid, ou sur d'autres peroxydes tels que ceux du magnésium ou du zinc ;

par électrolyse de l'eau des solutions de permanganate de potasse.

Mais c'est surtout par l'action des décharges électriques, non disruptives, obscures, de l'effluve sur l'oxygène ou l'air atmosphérique, qu'il s'en produit des quantités notables.

C'est sur ce procédé que sont basés les générateurs industriels d'Ozone. La transformation de l'Ozone en Oxygène n'est que partielle. L'air doit être sec et ne pas s'échauffer. C'est à 24° que le phénomène se réalise le plus complètement. Si l'effluve violette se transforme en étincelle ou arc, il y a échauffement et destruction de l'Ozone produit.

PROPRIETES PHYSIQUES. — L'Ozone vu sous une épaisseur suffisante, a la couleur bleue du ciel ; son odeur est phosphorée, rappelle un peu celle des composés nitrés. Sa densité peut être déterminée par absorption, par diffusion ou par pesée. La méthode par diffusion, utilisée pour cette recherche par Monsieur SORET, lui a donné comme valeur moyenne 1,717.

L'Ozone est assez soluble dans l'eau et il lui communique un peu de sa saveur et de son odeur, mais pour quelques instants seulement. D'après CARIUS, un litre d'eau est capable de dissoudre 4 à 5 cent. cubes d'Ozone à 0° et sous la pression de 760^m/m.

Messieurs HALTEFECILLE et CHAPPUIS ont obtenu la liquéfaction de l'Ozone en comprimant dans l'appareil Cailletet un mélange à 10 0/0 en poids renfermé dans l'éprouvette T de l'appareil terminé par le tube capillaire, mais dont la partie supérieure était recourbée vers le bas. La température était de 100° obtenue en faisant plonger la branche descendante dans du chlorure de méthyle liquide.

•

La température d'ébullition de l'Ozone est de — 119° (Troost). L'Ozone peut présenter dans certaines conditions des phénomènes de phosphorescence.

PROPRIETES CHIMIQUES. — Nous venons de voir que la transformation partielle de l'Oxygène en Ozone s'effectuait avec absorption de chaleur, qu'une énergie étrangère était nécessaire pour sa formation, qu'en un mot, elle était endothermique. Inversement sa décomposition est exothermique. *C'est ce qui en fait un oxydant énergétique*, et c'est de ce pouvoir oxydant que découlent ses principales applications et propriétés.

Ses actions oxydantes les plus intéressantes sont :

la décomposition de l'iodure de potassium avec mise en liberté d'iode qu'on peut doser par les méthodes ordinaires, ainsi que de potasse qui donne à la liqueur une réaction alcaline (nous reviendrons plus loin sur cette réaction) ;

l'oxydation de l'acide arsénieux et des arsénites transformés en acide arsénique et arséniates ;

l'oxydation identique du phosphore ;

la transformation des acides sulfurique et sulfureux en acide sulfurique ; du bioxyde d'azote et de l'acide azoteux en acide azotique ; du mercure et de l'argent en bioxydes ; des sels ferreux en sels ferriques ;

la transformation de l'oxyde de thallium en peroxyde.

C'est à son pouvoir oxydant que l'Ozone doit de pouvoir brûler la matière organique des eaux, de minéraliser les composés azotés, d'être un puissant bactéricide.

Il lui doit aussi certains inconvénients pour ses applications industrielles : il attaque le caoutchouc, le liège, les métaux, et il est nécessaire d'employer, pour son usage, des tuyaux en grès.

APPLICATIONS. — L'Ozone a déjà reçu en thérapeutique quelques heureuses applications. Son action paraît efficace dans les affections des organes respiratoires, particulièrement dans les cas de coqueluche infantile.

Son pouvoir désodorisant est utilisé pour la destruction des mauvaises odeurs, dans les salles de malades, les lieux de réunion, cafés, etc...

Son action oxydante a été utilisée pour la purification et le

vieillessement des alcools, la destruction des levures impures, pour l'amélioration et la conservation des vins, de la bière, du cidre ; pour la préparation des parfums, de la vanilline en particulier. Son pouvoir décolorant l'a fait utiliser en sucrerie, pour le blanchiment des tissus, etc...

DE L'OZONISATION DES EAUX. — Mais il semble bien que ce soit dans son utilisation pour la stérilisation des eaux que l'Ozone doive désormais trouver une de ses principales applications industrielles. Non pas que l'Ozone puisse toujours, à notre avis, constituer à lui seul un agent efficace de stérilisation des eaux, MAIS PARCE QU'IL EST UN MOYEN SUR, QUASI-MATHÉMATIQUE (A SURVEILLANCE FACILE ET RAPIDE), DE TERMINER COMPLÈTEMENT UN TRAVAIL COMMENCÉ PAR UN AUTRE FACTEUR D'ÉPURATION, FILTRATION OU AUTRE.

L'application de ce gaz à la stérilisation des eaux a été proposée par plusieurs savants, en particulier par : OHLMULLER, SIEMENS et HALSKE, de Berlin, en 1891 ; plus récemment, en 1893, par TINDAL, SCHRELLER et VAN DER SLÉEN, en Hollande. Les premiers essais semblent avoir été effectués en France par Monsieur DE MERITENS (1886). Par la suite, Messieurs ROUX, REPIN, MARMIER (1895), CALNETTE, COURMONT, BONJEAN, BEZANÇON, ont publié de nombreux rapports sur la Stérilisation des Eaux par l'Ozonisation. Toutes leurs observations concluent à l'efficacité du système et des témoignages si autorisés ne permettent plus de mettre en doute l'utilité incontestable de l'Ozone pour la stérilisation des eaux de consommation.

b. Usine Électrique du Petit Paradis. Production de l'Ozone.

Du réservoir de 300 mètres cubes où elles se rendent après filtration, les eaux sont aspirées par les pompes de l'usine qui les refoulent dans les colonnes de self-contact, où elles sont émulsionnées avec l'air ozoné dans l'émulseur Otto. Cet air ozoné arrive des batteries d'ozoneurs à travers des collecteurs en grès.

PRODUCTION DE L'EAU OZONEE :

L'air ambiant est aspiré à l'aide d'un ventilateur et est refoulé

Vue intérieure de l'Usine du Petit-Paradis

(Batteries d'Ozoneurs, -- Colonnes de Self-Contact)



dans des dessiccateurs, au nombre de quatre, grandes cuves renfermant du chlorure de calcium reposant sur des couches de coke. Desséché, cet air passe dans la batterie d'ozonisation à travers deux glaces de verre, système Otto, garnies à l'intérieur de feuilles d'étain qui servent d'électrodes. L'effluve jaillit entre les deux glaces.

Obligé de passer entre ces deux plaques, l'air s'y charge d'Ozone, traverse la glace extérieure qui, dans chaque élément est perforée, se rend enfin dans les collecteurs reliés à la plaque extérieure au moyen de pipettes en grès. Les collecteurs mènent l'air ainsi ozoné aux émulseurs.

Deux circulations d'eau refroidissent les éléments des batteries (au nombre de 10), l'une dite à haute tension ; l'autre à basse tension. Le passage du courant est assuré par les parties métalliques des tuyautages à circulation d'eau.

Le courant électrique est à 17.000 volts. Il est fourni par un alternateur à 2.000 volts qui se trouve avec celui de la ligne aérienne sur le groupe électrique de l'usine. Il est porté de 2.000 à 17.000 volts par un transformateur.

L'usine comprend 2 moteurs à gaz pauvre, d'une puissance de 220 H P, actionnant chacun un groupe électrique. Chaque groupe comprend 1 dynamo de 110 volts et deux alternateurs.

Un watmètre placé sur chaque batterie d'ozoneurs indique la puissance absorbée par chacune d'elles.

OZONISATION DE L'EAU :

Le mélange d'air ozoné et d'eau est effectué dans les émulseurs où l'action microbicide de l'Ozone est à son maximum. Cette action se continue d'ailleurs dans le parcours du mélange à travers les tubes de dissolution sous pression formant le prolongement des émulseurs et dans la colonne de self contact d'où l'eau stérilisée s'écoule par une ouverture latérale munie d'un déversoir à cascades placé dans la chambre du désaturateur. Des regards permettent de suivre la circulation dans cette colonne et dans le désaturateur. La colonne de self-contact porte quatre émulseurs débitant chacun 104 mètres cubes par heure.

Les eaux stérilisées s'écoulent dans deux réservoirs ; l'un de 3.000 mètres cubes de capacité, l'autre de 12.000 mètres cubes. Ces réservoirs sont reliés par une conduite en fonte à la conduite existante qui arrive à Lorient par la route Nationale n° 165.

EVALUATION DE LA PRODUCTION D'OZONE :

La surveillance du bon fonctionnement d'une usine de stérilisation des eaux par ozonisation ne comporte pas uniquement les analyses chimiques et bactériologiques ; elle comporte le relevé des constantes de marche de l'usine (puissance, débit d'air, débit d'eau), la recherche de la coloration bleue que doit donner l'eau amidonné par la mise en liberté de l'iode que provoque l'Ozone dissous dans l'eau sortant des émulseurs, enfin le dosage de l'Ozone dans l'air électrisé.

DOSAGE DE L'OZONE. — On peut utiliser pour ce dosage des Méthodes Physiques ou Chimiques.

MÉTHODES PHYSIQUES. — Nous ne les citerons que pour mémoire. Ce sont :

La méthode *volumétrique*, basée sur la décomposition de l'Ozone lorsqu'on le soumet à une température de 250°, 2 volumes d'Ozone donnant 3 volumes d'Oxygène ;

La méthode *optique*, basée sur ce que la coloration bleue de l'Ozone est d'autant plus intense qu'on l'examine sous une plus forte épaisseur ;

La méthode *baroscopique*, basée sur ce que un volume d'Ozone pèse une fois et demie plus lourd qu'un volume égal d'Oxygène.

MÉTHODES CHIMIQUES. — Il en existe deux principales :

La méthode de BUNSEN, basée sur la décomposition de l'iode de potassium sous l'action oxydante de l'Ozone et dosage :

ou de l'iode, mis en liberté, au moyen d'une solution titrée d'acide sulfureux ou d'Hyposulfite de soude ; (Houzeau a heureusement modifié cette méthode en opérant en milieu acide) ;

ou de la potasse produite par une solution alcalimétrique, à titre connu, après avoir chassé ou détruit l'iode.

La méthode de THENARD, basée sur l'oxydation par l'Ozone de l'acide arsénieux ou des arsénites alcalins qui sont transformés en acide arsénique ou en arséniates. La quantité d'arsénite qui a été

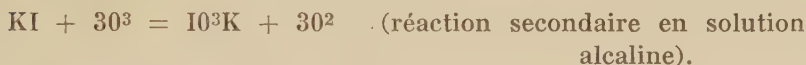
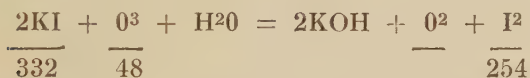
transformée en arséniate est évaluée au moyen d'une liqueur titrée d'iode.

Ces différentes réactions peuvent se traduire par les équations et équivalences suivantes :

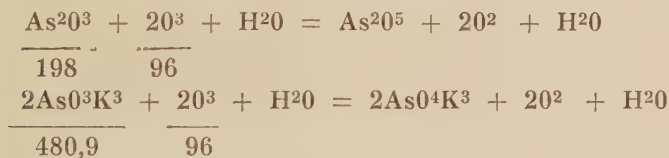
OZONE

Etude des Méthodes de dosage d'Ozone

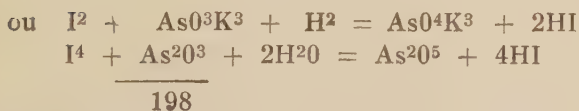
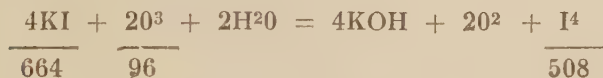
Action sur KI :



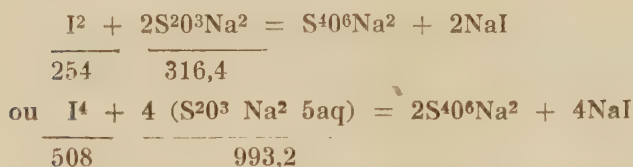
Action sur l'arsénite de potasse :



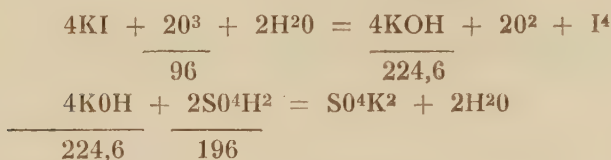
Arsénite de potasse et KI :



Dosage de l'Iode par l'Hyposulfite :



Dosage de la potasse par l'Acide sulfurique :



Equivalences par rapport à I = 127 :

	4KI	2O ³	I ⁴	As ²⁰³	2As ⁰³ K ²	4S ²⁰³ Na ²	4KOH	2S ⁰⁴ H ²
	664	96	508	198	480,9	993,2	224,6	196
N	166	24	127	49,5	120,22	248,3	56,15	49
N	16,6	2,4	12,7	4,95	12,022	2,483	5,615	4,9
10								
N	4,15	0,6	3,175	1,237	3,005			
40								
N	3,32	0,48	2,54	0,99	2,404	4,966	1,403	0,98
50								

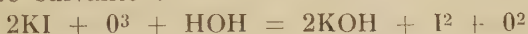
Études des deux méthodes et essais analytiques comparés effectués à l'usine du Petit Paradis.

1° METHODE A L'IODURE DE POTASSIUM ACIDE :

a) *Par dosage de l'iode.* — C'est celle que nous utilisons ordinairement, telle que l'a décrite Monsieur OTTO. Les concentrations

d'Ozone que nous donnons plus loin ont été déterminés par cette méthode que voici :

L'Ozone réagit sur l'iodure de potassium en solution aqueuse de la manière suivante :

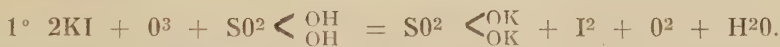


L'iode se combine presque immédiatement à la potasse pour donner de l'iodate et des périodates de potassium.

Si l'on a soin d'opérer en présence d'un excès d'acide sulfurique, la potasse est absorbée et l'iode reste en état de liberté.

Mais l'emploi de l'acide sulfurique trop concentré décomposant facilement l'iodure de potassium peut fausser les résultats des dosages.

En présence de l'acide sulfurique, la réaction peut se passer de deux manières :



Dans le premier cas, il y a formation de sulfate neutre de potassium, dans le second cas, formation de sulfate acide.

Pour 166 gr. d'iodure de potassium, il faut donc employer soit 49 gr., soit 98 gr. d'acide sulfurique.

Or, si l'on fait réagir l'Ozone sur une solution aqueuse contenant 4,9 gr. d'acide sulfurique et 16,6 gr. d'iodure de potassium par litre, on constate des phénomènes analogues à ceux qui se produisent lorsqu'on opère sur une solution neutre d'iodure de potassium : la liqueur se colore d'abord en rose par suite de la mise en liberté d'iode, l'intensité de la coloration passe par un maximum, puis s'annule complètement sans qu'une trace d'iode soit précipitée.

Si l'Ozone réagit au contraire sur une solution aqueuse contenant 9,8 gr. d'acide sulfurique et 16,6 gr. d'iodure de potassium par litre, la réaction dominante est celle de l'acide sulfurique, et tout l'iode est précipité.

Le premier oxhydrile de l'acide sulfurique a donc pour le potassium une affinité plus forte que le second. Cette affinité est d'un ordre de grandeur plus élevé que l'affinité de l'iode pour le potassium, tandis que c'est le phénomène inverse qui a lieu en ce qui concerne le second oxhydrile.

Monsieur OTTO vérifie le fait de la manière suivante : dans un

flacon contenant 4,15 gr. d'iodure de potassium chimiquement pur et 2,45 gr. d'acide sulfurique dissous dans 250 cm³ d'eau distillée, il a fait passer un courant d'oxygène ozoné, jusqu'à ce que la liqueur entièrement éclaircie ne précipite plus d'iode. Le précipité, soigneusement recueilli et séché, a été pesé. Voici les résultats qu'il a trouvé :

		I. Calculé	I. Trouvé
		—	—
Iodure de potassium....	4,15 gr.	3,17 gr.	3,164 gr.

Il suffit donc, pour éviter toute formation d'iodate ou de périodate alcalin, d'ajouter à la solution iodurée la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour qu'un seul oxhydrile soit saturé par le potassium mis en liberté.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL. — Lorsqu'on opère sur de grandes masses gazeuses avec de l'Ozone relativement peu concentré, quand il s'agit, par exemple, de doser la quantité totale d'Ozone fournie par un Ozoneur rotatif, débitant plusieurs centaines de litres à l'heure, le dispositif le plus simple consiste à employer une série de flacons barboteurs contenant la solution acide d'iodure de potassium.

L'Ozone attaque le caoutchouc avec une extrême violence ; le liège, quoique résistant mieux, est attaqué.

Il faut donc, autant que possible, n'employer aucun de ces deux corps dans le montage des barboteurs, et utiliser de préférence des flacons laveurs bouchés à l'émeri et munis, pour les connexions, de doubles joints au mercure.

Quand on ne dépasse pas un débit de 500 litres à l'heure, cinq flacons barboteurs de 1 litre de capacité, dans chacun desquels se trouvent 180 cm³ environ d'une solution de 9,8 gr. d'acide sulfurique et 16,6 gr. d'iodure de potassium dans un litre d'eau distillée, suffisent pour retenir tout l'Ozone.

On le constate du reste au moyen d'un flacon témoin contenant soit une solution de sulfate d'indigo que décolore l'Ozone, soit une solution d'iodure de potassium amidonné qui bleuit à son contact.

Un compteur à gaz, placé à la suite des barboteurs indique le nombre de litres qui passe.

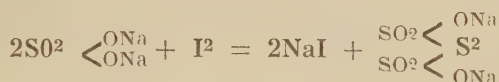
MANUEL OPÉRATOIRE. — L'appareil étant ainsi disposé, on y fait circuler le courant d'air ou d'oxygène ozoné que l'on veut ana-

lyser. On réunit ensuite le contenu de tous les barbotteurs : l'iode mis en liberté par l'Ozone se dissout dans l'excès d'iodure de potassium non décomposé.

On rince soigneusement les flacons, on amène à 1 litre le volume de la liqueur d'iode, et l'on dose sur 10 cm³ l'iode libre au moyen d'une solution d'Hyposulfite de sodium. Le résultat obtenu, multiplié par 100, donne l'iode total.

Pour éviter tout calcul, on emploie une solution d'hyposulfite de sodium dont 1 cm³ correspond exactement à 1 m/m g. d'Ozone.

La réaction de l'hyposulfite de sodium sur l'iode peut s'exprimer de la manière suivante :



158 gr. d'Hyposulfite de sodium correspondent donc à 127 gr. d'iode. Or, on sait que dans l'action de l'Ozone sur l'iodure de potassium, un tiers seulement de la molécule réagit, les deux autres tiers étant simplement ramenés à l'état d'oxygène ordinaire ; autrement dit, il faut 24 gr. d'Ozone pour mettre en liberté 127 gr. d'iode.

L'entrée, en réaction, de 158 gr. d'hyposulfite de sodium, correspond donc à la destruction de 24 gr. d'Ozone.

1 cm³ d'une solution contenant par litre :

$$\frac{158}{24} = 6 \text{ gr. } 583$$

d'hyposulfite de sodium pur équivaldra à 1 mg. d'Ozone.

La solution titrée d'hyposulfite de sodium étant introduite dans une burette graduée, on la verse dans la liqueur d'iode jusqu'à décoloration complète.

Le procédé est susceptible d'une très grande précision.

Comme il est facile de lire les dixièmes de centimètre cube, on peut faire aisément des dosages d'Ozone à un dixième de milligramme près.

c) *Par dosage de la Potasse.* — En ce cas, l'iode est détruit par transformation en tétrathionate par l'hyposulfite ou chassé par l'ébullition ; la potasse est ensuite dosée avec une solution alcalimétrique titrée en présence d'hélianthine ou de tournesol comme indicateur.

2° MÉTHODE A L'ACIDE ARSÉNIEUX. — La méthode de Thénard,

oxydation de l'acide arsénieux et dosage de la quantité qui n'a pas été transformée en acide arsénique, au moyen d'une solution de permanganate de potasse, n'est pas recommandable parce que dans ces conditions la transformation de l'acide arsénieux sous l'action de l'Ozone n'est pas complète. Il est préférable d'opérer en présence d'iodure de potassium qui, décomposé par l'Ozone, fournit de l'iode à l'état naissant et la réaction devient complète. Pour nous rendre compte des résultats que l'on obtient suivant que l'on utilise l'une ou l'autre de ces méthodes, nous avons pratiqué des dosages d'Ozone avec la plupart des variantes que l'on peut adopter. Nous les résumons dans les tableaux suivants. Tous ces dosages ont été effectués en faisant passer 10 litres d'air, mesurés au moyen d'un compteur à gaz dans les barboteurs. Ils sont rapportés en milligrammes par litre d'air.

Les dosages à l'arsénite ont été pratiqués en solution diluée et en présence de 10 cm³ d'une solution de carbonate d'ammoniaque à 10 0/0, destinés à faciliter les réactions et à les rendre plus nettes. La solution d'iodure de potassium était une solution à 25 p. 1000.

Essais Analytiques composés de Dosages d'Ozone dans l'air électrisé

DATE DES OPÉRATIONS : 23 AVRIL 1914

<i>Iodure Acide :</i>		N ^{os}	
50KI + 50SO ⁴ H ²	$\frac{N}{10}$	Titrage à l'Hypo 1c. = 1mg.	1 2.2
<i>Arsénite Iodure :</i>			
50As ² O ³	$\frac{N}{20} + 25KI + 25CO^3Am^2$	I $\frac{N}{10}$	2 1.8
100As ² O ³	$\frac{N}{50} + 10KI + 10CO^3Am^2$	—	3 1.51
50As ² O ³	$\frac{N}{10} + 10KI + 10CO^3Am^2$	—	4 1.48
10As ² O ³	$\frac{N}{10} + 10KI + 10CO^3Am^2$	—	5 1.63

Arsénite seul :

N°

$100\text{As}_2\text{O}_3 \frac{\text{N}}{50}$	—	6	0.91
--	---	---	------

DATE DES OPÉRATIONS : 28 AVRIL 1914

Iodure Acide :

$50\text{KI} + 50\text{SO}_4\text{H}_2 \frac{\text{N}}{10}$	Titrage à l'Hypo 1c. = 1mg.	7	1.2
---	-----------------------------------	---	-----

Arsénite Iodure :

$10\text{As}_2\text{O}_3 \frac{\text{N}}{10} + 10\text{KI} + 10\text{CO}_3\text{Am}^2$	I $\frac{\text{N}}{10}$	8	0.84
--	-------------------------	---	------

DATE DES OPÉRATIONS : 28 AVRIL 1914

Iodure Acide :

$50\text{KI} + 50\text{SO}_4\text{H}_2 \frac{\text{N}}{10}$	Titrage à l'Hypo 1c. = 1mg.	9	1.2
---	-----------------------------------	---	-----

Iodure seul :

$10\text{KI} + 10\text{CO}_3\text{Am}^2$	$\frac{\text{N}}{50}$	10	0.403
$10\text{KI} + \text{CO}_2$	$\frac{\text{N}}{50}$	11	0.619

DATE DES OPÉRATIONS : 28 AVRIL 1914

Iodure Acide :

$50\text{KI} + 50\text{SO}_4\text{H}_2 \frac{\text{N}}{10}$	Titrage à l'Hypo 1c. = 1mg.	12	1.2
---	-----------------------------------	----	-----

Iodure Acide (quantité insuffisante de SO_4H_2) :

$10\text{KI} + 1\text{cc.}\text{SO}_4\text{H}_2 \frac{\text{N}}{10}$	$\frac{\text{N}}{50}$	13	0.216
--	-----------------------	----	-------

DATE DES OPÉRATIONS : 28 AVRIL 1914

<i>Iodure Acide :</i>		N°s
Titrage de l'Iode à l'Hyposulfite.....	14	0.96
— — à l'Arsénite de soude.....	15	0.876
— la Potasse à l'Hélianthine (I. chassé à l'ébullition	16	0.925

Arsénite Iodure :

		Titrage à		
	$\frac{N}{10}$	$\frac{N}{10}$		
$10As_2O_3 + 10KI + 10CO_3Am^2$		I	17	0.746

DATE DES OPÉRATIONS : 30 AVRIL 1914

Iodure Acide :

Titrage de l'Iode à l'Hyposulfite.....	18	
— la Potasse à l'Hélianthine après destruction de l'Iode par l'Hypo qui se transforme en tétrathionate neutre.	19	1.9
— la Potasse au tournesol, l'I. ayant été chassé à l'ébullition.....	20	1.9
— la Potasse à l'Hélianthine, l'I. ayant été chassé à l'ébullition.....	21	1.8

Arsénite Iodure :

		Titrage à		
	$\frac{N}{10}$	$\frac{N}{10}$		
$10As_2O_3 + 10KI + 10CO_3Am^2$		I	22	1.6

CONCLUSIONS. — Si l'on examine ces résultats, on constate :

1° Que la méthode à l'arsénite-iodure donne toujours des concentrations un peu inférieures à celles que donne la méthode à l'iodure-acide (essais n°s 2, 3, 4, 5, 8, 17, 22). Il ne faut pas, évidemment, tenir compte des résultats des essais n° 6 (arsénite seul), n° 10, (KI + CO_3Am^2), n° 11 (KI + CO_2), n° 13 (KI + quantité insuffisante de SO_4H^2). Nous les avons effectués pour démontrer que pour obtenir des évaluations exactes, il fallait tenir compte des réactifs en présence et de leur proportion.

2° Que, malgré les nombreuses causes d'erreur que présente le dosage de la potasse avec l'hélianthine ou le tournesol comme indicateurs (projections possibles pendant que l'on chasse l'iode par l'ébullition, opération qui peut provoquer l'oxydation partielle de l'iodure de potassium par l'acide sulfurique, degré de sensibilité de l'indicateur, nécessité d'opérer à une concentration identique à celle des témoins, carbonatation toujours possible des solutions alcalines), il est possible d'obtenir des résultats exacts si l'on opère avec des témoins soigneusement composés (essais 19, 20, 21).

Les différences que l'on observe dans les concentrations d'ozone des 23 et 30 avril avec celle du 28 tiennent à ce que le débit d'air ozoné était plus faible à cette dernière date : 92 mètres cubes au lieu de 110. En général, la concentration ne change guère et est voisine de 2.

Les différences que l'on peut constater dans les résultats d'essais consécutifs (n^{os} 7 et 14) tiennent à ce que les barbotages n'ont pas pu être faits simultanément alors que la production d'ozone peut varier d'un moment à l'autre.

Pour éviter cette cause d'erreur, nous avons pratiqué les essais n^{os} 14, 15, 16, sur le même barbotage. Nous avons obtenu des concentrations sensiblement équivalentes.

Détermination du débit d'air ozoné.

Concentration d'ozone par mètre cube d'eau traité.

La concentration d'Ozone par litre d'air ozoné étant déterminée par une des méthodes ci-dessus, on mesure par dénivellation la vitesse d'écoulement de l'air ozoné à travers un diaphragme calibré de 45 millimètres de diamètre. Si H est la hauteur de la dénivellation, V la vitesse de l'air ozoné, on aura $V = \sqrt{2gH}$, g étant l'accélération de la pesanteur = 9,8988.

Si S est la section d'écoulement, q le débit d'air de la section de l'orifice, on a :

$$q = V \times S \times K, K \text{ étant une constante.}$$

Pour éviter de calculer K, V, S, on a établi une courbe donnant

q en fonction de H, et pour connaître le débit d'air par heure, il suffit de mesurer la dénivellation avec un décimètre et de se reporter à cette courbe.

On rapporte la concentration d'Ozone par litre d'air au volume d'air ozoné qui passe à l'heure et en divisant le poids d'O³ obtenu par le nombre de mètres cubes d'eau qui passe dans le même laps de temps, ce qu'indique le compteur, on rapporte le poids d'Ozone au mètre cube d'eau.

D'une façon générale, le volume d'air ozoné égale le tiers du débit d'eau quand la pression est de 4 millimètres sur les émulseurs.

Avant d'examiner les effets de l'action de l'Ozone, nous ferons remarquer qu'un des principaux avantages de ce système de stérilisation est, à notre avis, la possibilité d'avoir un moyen de contrôle rapide sur la bonne marche du traitement des eaux. Si, en effet, en dehors des moyens de contrôle dont dispose le Directeur de l'Usine, le dosage de l'Ozone dans l'air électrisé en révèle une proportion nécessaire et suffisante, si surtout l'on obtient avec l'eau sortant des émulseurs la coloration bleue que donne l'iode mis en liberté réagissant sur l'eau amidonnée (ce qui indique la présence d'un excès d'Ozone), il est bien improbable que l'eau ne soit pas stérile. Cette appréciation résulte des observations que nous avons faites depuis un an. Ces observations ne permettent pas évidemment de juger définitivement de la qualité de l'eau. Pour cette appréciation, les analyses sont nécessaires. Il n'en est pas moins vrai qu'au cas où ces constatations donneraient des inquiétudes sur la bonne marche des appareils, il serait possible d'en rechercher rapidement les causes et d'y apporter remède. Il n'en est pas de même avec les filtres à sable, par exemple, sur le fonctionnement desquels on ne peut être fixé que par les résultats de l'analyse bactériologique, c'est-à-dire après un laps de temps assez considérable pendant lequel un bassin filtrant fonctionnant mal peut laisser passer des bactéries pathogènes. Avec une surveillance effective, cet accident ne doit pas se produire dans une usine d'ozonisation.

d. -- Action de l'Ozone.

Pour se rendre compte des modifications qu'apporte l'action de l'Ozone à la composition chimique et bactériologique des eaux fil-

trées, il suffit de se reporter aux résultats d'analyses comparées que nous donnons plus loin. Ces modifications peuvent être résumées ainsi :

1° *Au point de vue physique.* — L'eau est plus limpide, plus bleue, d'une saveur plus agréable.

2° *Au point de vue chimique :*

a) La composition minérale de l'eau n'est pas modifiée ;

b) La teneur en matières organiques est légèrement abaissée ;

c) La proportion d'oxygène dissous est légèrement augmentée ; cette oxygénation la rend plus agréable à boire ;

d) La présence de l'Ozone dissous dans l'eau ne persiste pas. Quelques instants après le prélèvement de l'eau sortant du désaturateur, elle ne donne plus la réaction bleue avec l'iodure de potassium et l'eau amidonnée ;

e) L'eau ne renferme pas de composés nitreux ;

f) Elle ne renferme pas non plus de bioxyde d'hydrogène. Pour effectuer cette recherche, nous avons utilisé la réaction de Bareswill :

(En mettant dans un tube quelques centimètres cubes d'eau, une goutte d'une solution concentrée de CrO_4K_2 , deux ou trois gouttes d'acide sulfurique, 2 cc. d'éther, ajoutant quelques gouttes (ou quelques cent. cubes selon son titre), d'eau oxygénée et agitant, l'éther se colore en bleu en dissolvant le composé suroxydé qui se forme (Barreswill).

3° *Au point de vue bactériologique.* — L'ozonisation termine d'une façon complète l'épuration bactériologique de l'eau. Bien que la teneur en germes des eaux brutes soit considérablement diminuée par les actions successives du coagulant et des filtres, il n'en est pas moins vrai que l'eau filtrée renferme presque toujours des bactéries putrides, assez souvent du Coli Bacille, et des espèces suspectes, telles que les B. Violaceus, B. Putridus.

Après ozonisation, nous ne constatons jamais que la présence d'un très petit nombre de germes d'espèces banales inoffensives, le plus souvent des sporulées, le Bacillus Subtilis, en particulier.

En résumé, le procédé de stérilisation des eaux par l'Ozone au moyen des appareils Otto, dans l'application pratique qu'on en fait à l'Usine du Petit Paradis (concentration d'Ozone de 0 gr. 50 à 1 gr. par mètre cube d'eau), donne des résultats très satisfaisants :

Les caractères physiques de l'eau sont améliorés ;

La composition chimique n'est pas modifiée ;

La teneur en germes, considérable dans les eaux brutes, est abaissée dans les eaux stérilisées jusqu'à devenir presque nulle.

L'eau ozonée n'est pas antiseptique, car si on l'additionne d'eau polluée, elle n'en détruit pas les germes.

CHAPITRE III

- A. -- Considérations générales sur les Méthodes d'analyses des Eaux d'alimentation ;
 - B. -- Analyses Physiques ;
 - C. -- Analyses Chimiques ;
 - D. -- Analyses Bactériologiques ;
 - E. -- Analyses Micrographiques ;
-

A. Considérations générales sur les Méthodes d'Analyses des Eaux potables.

L'appréciation de la qualité des eaux fût, jusqu'à la fin du XVII^e siècle, uniquement basée sur leurs caractères organoleptiques.

BOYLE et DUCLOS ouvrirent à cette époque la voie des moyens analytiques.

A la fin du siècle suivant, les connaissances sur la composition minérale des eaux avaient fait un grand pas et de nombreux ouvrages avaient déjà été publiés sur cette importante question.

Enfin, les immenses progrès réalisés par la Chimie au cours du XIX^e siècle, firent abandonner la plupart des moyens empiriques

(noix de Galle, sirop de violettes, etc...), utilisés jusqu'alors, et aujourd'hui, nous possédons des *Méthodes Chimiques*, sûres, réellement scientifiques, pour apprécier la potabilité d'une eau.

La Bactériologie, d'autre part, naissait avec les immortels travaux de Pasteur. Elle nous apprenait que l'eau pouvait être l'agent de transmission de nombreuses maladies épidémiques. Une nouvelle méthode apparaissait : l'*Analyse Bactériologique*.

Depuis quelques années, les *Sciences Physiques*, par des méthodes que nous exposerons plus loin, semblent à leur tour, devoir fournir aux Hygiénistes d'intéressants moyens de contrôle, de surveillance des eaux.

Enfin, les récents travaux de Monsieur GUIART, de Lyon, sur la transmission possible de la fièvre typhoïde par la présence dans l'intestin de parasites agissant comme « lancettes d'inoculation », ont démontré l'utilité de l'*Analyse Micrographique*.

Telles sont les quatre méthodes dont la mise en pratique peut permettre de porter un jugement sérieux sur la qualité d'une eau destinée à l'alimentation de l'Homme.

Une seule de ces méthodes peut-elle suffire ? Non.

La potabilité au point de vue chimique, par exemple, n'implique pas l'absence, dans les eaux examinées, de bactéries pathogènes. Et réciproquement, l'absence de germes nocifs ne peut pas faire présumer de leur composition minérale.

Certains esprits, insuffisamment éclairés, sans doute, sur cette vérité, ne voient plus, pour juger de la qualité de l'eau, qu'une numération de germes, toute conventionnelle, bien hypothétique, et une spécification hérissée de difficultés, à résultats bien problématiques.

« Lorsque l'Analyse Bactériologique des eaux, dit M. Roux, a pris rang parmi les connaissances scientifiques et a pu être considérée comme vraiment sérieuse, quelques microbiologistes enthousiastes et par trop exclusifs, comme aussi certains hygiénistes trop étroitement pathogénistes, ont poussé en son honneur un cri de victoire, et n'ont plus regardé que d'un air de profond dédain le travail des Chimistes qui avait jusqu'alors été seul consulté.

« L'analyse chimique des eaux, ont proclamé quelques-uns, a vécu, elle ne sert plus qu'à masquer l'ignorance des chimistes sur les véritables caractères d'une eau potable ; elle est absolument incapable de nous renseigner sur le rôle étiologique que peut jouer cette boisson dans la transmission des maladies épidémiques. »

« A cette déclaration de guerre, les chimistes ont répondu sur le

champ, ainsi que j'ai eu l'occasion de le démontrer, par des arguments aussi exagérés, souvent même peu fondés, et les armes dont ils se sont servis leur ont été fournis trop souvent par l'incapacité relative de la nouvelle science, et aussi, il faut bien l'avouer, par les découvertes des Bactériologues eux-mêmes. »

L'ANALYSE CHIMIQUE, soigneusement exécutée, permet, non seulement d'apprécier la plus ou moins grande minéralisation d'une eau, mais aussi de se faire une opinion sur sa pureté. Par la détermination du taux des matières organiques, de l'Oxygène dissous, des Chlorures, des Nitrates, la recherche de l'Azote organique, de l'Azote ammoniacal, des Nitrites, il est généralement possible de déceler la contamination d'une eau. Les résultats que cette analyse donne à différents Chimistes sont toujours comparables.

L'ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE nous apprend bien que l'eau renferme un plus ou moins grand nombre de germes, qu'elle contient du Coli-Bacille ou n'en contient pas. Mais la spécification de tous ces germes est un travail long, difficile, bien ingrat. L'absence du Coli-Bacille est évidemment un excellent indice de pureté, mais sa présence, comme l'a démontré VINCENT, n'a de signification que par son origine et, à moins d'en numérer un nombre important, il faut être prudent pour en tirer une conclusion. (GRIMBERT — La question de la présence du Coli-Bacille dans les eaux — Journal de Pharmacie et de Chimie, 16 février 1906, p. 188).

La constitution des milieux de culture employés, leur plus ou moins grande alcalinité, les liquéfactions précoces de gélatine, font que des recherches opérées sur la même eau donnent fréquemment des résultats qui ne paraissent pas comparables. (GRIMBERT — Unification des procédés d'analyse bactériologique des eaux — Journal de Pharmacie et de Chimie, 15 octobre et 1^{er} novembre 1903).

L'analyse bactériologique permet, il est vrai, de constater la contamination d'une eau par des espèces pathogènes, mais il faut bien remarquer que ces constatations perdent beaucoup de leur valeur de ce fait qu'elles sont presque toujours postérieures à l'écllosion des épidémies. Et si l'on ne considère que les épidémies typhiques, quelles difficultés n'éprouve-t-on pas pour isoler ce germe à côté duquel vit concurremment son commensal habituel, le Coli-Bacille ? *Les recherches bactériologiques seules ne suffisent donc pas pour l'examen des eaux.* Mais elles constituent la méthode de choix pour la surveillance de celles dont on connaît la teneur ordinaire en ger-

mes, des eaux de sources, des eaux stérilisées par un procédé habituel de filtration, ozonisation, etc...

LA RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE, LA RECHERCHE DES MATIÈRES FLUO-ESCENTES, méthodes mises en honneur par Monsieur DIENERT, ne permettent pas non plus, semble-t-il, de définir la nature de la contamination d'une eau, mais elles permettent de se rendre compte si une eau reste identique à elle-même. Si les chiffres que donnent ces deux méthodes, dans des ordres différents, varient d'une manière sensible, d'un examen à l'autre, c'est qu'il se passe dans la composition des eaux « quelque chose d'anormal ».

Ce sont là des méthodes de surveillance pratique si l'on considère leur précision, la facilité et la rapidité de leur utilisation. Elles méritent de fixer l'attention, et, pour notre part, nous les avons étudiées avec le plus grand intérêt à l'Observatoire de Montsouris.

Nous avons dit plus haut l'utilité de l'ANALYSE MICROGRAPHIQUE.

En résumé, ces quatre méthodes forment un tout complet, chacune d'elles apportant des éléments d'appréciation qui lui est propre, et nous ne pouvons mieux faire, pour exprimer notre manière de voir, que de citer l'opinion de M. Roux :

« Pour apprécier la nature, bonne ou mauvaise, innocente ou nuisible, d'une eau qui doit servir de base à l'alimentation des individus ou des populations, une méthode unique, un seul caractère, ne peuvent suffire, et il est sage de recourir à tous les moyens, mêmes les plus minimes, que nous ayons à notre disposition. »

« Rien ne doit être négligé, rien, pas même l'étude, tombée en désuétude aujourd'hui, à tort suivant quelques-uns, de la faune et de la flore macroscopique et microscopique des eaux, tant vantée, autrefois par Monsieur Gérardin, un maître en ces matières, comme l'appelle Monsieur Certes. En constatant dans une eau la présence des algues sans chlorophylle verte, et notamment des Englènes et des Beggiatoa alba, nous saurons déjà que cette eau est corrompue, riche en matières animales décomposées : plus, au contraire, les algues seront franchement vertes, de structure compliquée, et plus l'eau aura de chances d'être pure et potable... Ces caractères ne sont évidemment pas suffisants, mais ils ne doivent pas pour cela être complètement rejetés avec dédain. »

Conséquemment, nous avons étudié nos eaux au point de vue physique, chimique, bactériologique, micrographique : nous allons exposer nos méthodes et nos résultats.

B. Analyses Physiques.

- a. - Caractères organoleptique. - Température ;**
 - b. - Résistivités électriques ;**
 - c. - Matières fluorescentes ;**
 - d. - Cryoscopie ;**
 - e. - Radio-activité ;**
 - f. - Réfractométrie ;**
 - g. - Polarimétrie.**
-

a. -- Caractères organoleptiques. - Température.

La détermination des caractères organoleptiques comprend l'appréciation :

De la COULEUR, de la LIMPIDITÉ, de l'ODEUR, de la SAVEUR.

Nous apprécions :

LA COULEUR des eaux, dans de grands tubes de trois mètres de longueur, séparés en deux parties par une cloison verticale, ce qui permet d'examiner comparativement deux eaux : avant et après stérilisation par exemple. Dans des rainures situées à l'extrémité des tubes par où l'observateur procède à l'examen de la couleur, il est possible de placer des verres teintés dont la réunion forme une gamme correspondant à un numéro déterminé. Les eaux de Kereven et de Kerguillette ont généralement une couleur variant du jaune au brun madère ; les eaux ozonées ont une couleur « bleu du ciel » ;

LA TURBIDITÉ, dans des tubes de 1 mètre de long, dressés verticalement au-dessus d'une planchette de bois, placée à 30 cm. environ

de leur base et suivant un angle de 45°. Des feuilles de papier blanc, imprimées avec des caractères noirs, sont fixées sur la planchette, et à travers les tubes remplis d'eau, on pratique la lecture des caractères imprimés. Cette lecture est d'autant plus facile que l'eau est plus transparente.

Les eaux brutes ont souvent :

Une odeur herbacée (après stérilisation, elles sont inodores) ;

Une saveur fade, due à leur forte proportion de matières organiques (ce goût désagréable disparaît totalement après l'action de l'ozone).

b. -- Résistivité électrique.

LA PHYSIQUE nous apprend que l'eau, chimiquement pure, n'ayant dissous aucun élément minéral, est mauvaise conductrice de l'électricité. Pratiquement, il est impossible d'obtenir une eau distillée absolument pure, et le courant traverse cette eau avec une intensité très faible par suite des impuretés que malgré toutes les précautions elle a fatalement conservées.

Si, dans cette eau, on ajoute un sel quelconque, le courant passe de suite avec une intensité plus marquée et cette intensité va en augmentant au fur et à mesure que la proportion de sels dissous augmente.

C'EST LE PHÉNOMÈNE DE LA CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE ET LA RÉSISTIVITÉ EST LE PHÉNOMÈNE INVERSE. Elle permet de se rendre compte rapidement si une eau est très minéralisée ou non, si la minéralisation d'une eau subit des variations. Dans certains cas, il est possible, connaissant la résistivité de deux nappes d'eau, de déceler leur mélange, d'apprécier même les proportions dans lesquelles chacune d'elle intervient dans le dit mélange.

Il apparaît donc que cette méthode recevra pour principale application l'identification des eaux de source, des eaux minérales, la vérification de leur minéralisation. Ce sera un moyen de plus pour dépister la fraude de ces dernières.

Les intéressantes communications de Messieurs DIÉNERT et GUILHERD ont démontré son utilité incontestable pour la surveillance des eaux dans les Villes alimentées par des sources.

Nous l'avons employée pour rechercher si la composition minérale des eaux brutes était sérieusement modifiée par le traitement au Sulfate d'Alumine, si celle des eaux urbaines restait, aux différents points de la Ville, la même que celle de l'eau au sortir de l'usine. Il ne semble pas cependant que cette méthode puisse permettre d'apprécier sûrement une contamination par des éléments de nature organique, d'origine fécaloïde ou autre. (Bonjean — Edilité technique).

PRINCIPE DE LA MÉTHODE. — Nous avons dit plus haut que l'eau distillée pure ne se laissait pas traverser par le courant électrique et que l'addition d'un sel, d'un acide, ou d'une base, augmentait de suite la conductibilité, diminuait la résistance de l'eau au passage du courant.

Pour en comprendre la raison, il faut se rappeler, d'une part, la théorie des *ions* par laquelle on explique les phénomènes d'électrolyse et, d'autre part, les données physiques sur lesquelles sont basées les « Mesures de Résistances électriques ». (Lois de Faraday, d'Ohm) — (Voir traités de Physique).

DESCRIPTION DE L'APPAREIL UTILISÉ (KOLHRAUSCH). — L'on sait, en électrolyse, que le courant qui la produit détermine une force contre-électromotrice (que l'on peut mettre en évidence en reliant les deux électrodes à un électromètre), et que le courant qui produit cette force contre-électromotrice est inverse du courant électrolysant. Ce phénomène est connu sous le nom de « Polarisation des électrodes ». Il est nécessaire d'éviter la production de ce courant dans la mesure de la résistivité électrique des eaux. Pour cela dans la méthode de Kolhrausch, au lieu d'un courant continu fourni par une pile, on utilise des courants alternatifs fournis par une bobine de Rhumskorff ; le galvanomètre est remplacé par un téléphone. L'utilisation de ces courants induits a non seulement l'avantage de supprimer les phénomènes de polarisation, mais aussi celui de ne pas abîmer les boîtes de résistance.

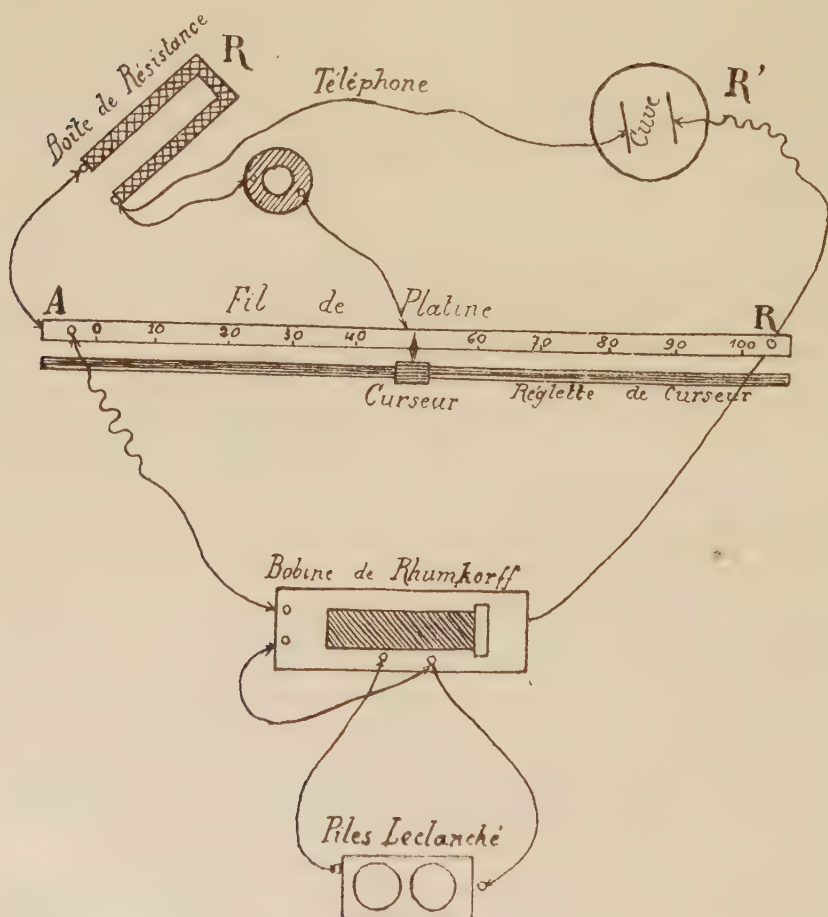
DESCRIPTION DE L'APPAREIL DE KOLHRAUSCH. — Sur une plaque de marbre blanc repose, d'une part ;

Une règlette de bois divisée en millimètres le long de laquelle est tendu un fil de platine d'un millimètre de section sur un mètre de longueur ;

d'autre part :

Une règlette de cuivre d'un mètre de long sur un centimètre de diamètre, de résistance pratiquement négligeable par conséquent. Le long de cette dernière se meut un index-curseur C qui, en se déplaçant, repose constamment sur le fil de platine.

L'extrémité A est reliée avec une bobine de Rumskorff et avec un circuit composé d'une cuve R', dans laquelle on met l'eau à ana-



lyser, et d'une boîte de résistance R, circuit qui aboutit à l'extrémité B, qui est aussi en communication avec la bobine d'induction.

Enfin, un téléphone est placé en pont comme l'indique la figure.

La cuve qui reçoit l'eau à analyser est un récipient en verre dont le col a deux orifices, l'un pour le passage d'un thermomètre, l'autre pour l'introduction du liquide.

A environ 3 centimètres de la base, de part et d'autre, deux fils de platine conduisent le courant aux électrodes en platine platiné, verticales et parallèles, de 10 cent. carrés de superficie chacune, placées à 1 cent. l'une de l'autre. Cette distance ne doit pas varier.

L'appareil, étant monté comme ci-dessus, une quantité fixe d'eau introduite dans la cuve (suivant sa dimension, 50 cc., 60 cc. ou 1 litre), cette eau amenée à 18° exactement, on introduit dans le circuit une résistance R que l'expérience apprend. On cherche le silence du téléphone en déplaçant le curseur à droite ou à gauche. Si on ne l'obtient pas, on modifie la résistance R introduite.

Soit C la position du curseur pour le silence. A ce moment (la théorie le démontre), on a :

$$\frac{R \text{ (résistance introduite dans la boîte)}}{R' \text{ (résistance de toute l'eau de la cuve)}} = \frac{A C}{C B}$$

$$\text{d'où, } R' = R \times \frac{CB}{AC} = R \times \frac{AB - AC}{AC}$$

On désigne généralement AC par a , AB par Lt.

$$\text{on dit : } R' = R \times \frac{Lt - a}{a}$$

Mais R' est variable avec chaque appareil, chaque cuve.

Il faut donc, pour comparer les chiffres de différents opérateurs, exprimer les résultats en une unité bien déterminée : c'est la résistance spécifique ϵ , c'est-à-dire celle d'une colonne du liquide ayant 1 cq. de section et 1 cm. de hauteur.

Oswald a démontré que la résistance spécifique dans un tel cas était égale à la résistivité de l'ensemble de la cuve multipliée par le

rapport de la distance (l) des électrodes à leur section mouillée (S)'
soit : (1)

$$\rho = R' \times \frac{(l)}{(S)}$$

d'où

$$\rho = R \times \frac{Lt - a}{a} \times \frac{l}{S}$$

Dans cette formule, R, a, sont fournis par l'expérience. Nous verrons plus loin comment on détermine Lt. $\frac{l}{S}$ pourrait être fourni par des mesures directes.

En réalité, on mesure $\frac{l}{S}$ d'une autre manière.

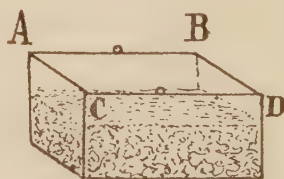
DÉTERMINATION DE $\frac{l}{S}$, OU COEFFICIENT DE CUVE C.

Kohlrausch et d'autres auteurs ont établi que la résistance spécifique ρ , à 18°,

d'une solution de KCl à 0 gr. 5 par litre était de..	1.210 ohms
— NaCl à 0 gr. 5 — ..	1.127 —

On fait donc une telle solution KCl, par exemple, on en prend la résistance électrique :

(1) Si on a une cuve de deux litres dont les électrodes occupent toute la face des deux côtés parallèles du parallélépipède, on comprend qu'il faille pour déterminer S, mesurer exactement la quantité de liquide introduit. Mais lorsque l'on a des petites cuves en verre, dont les électrodes sont complètement immergées dans l'eau, S est leur surface même et il semble qu'il soit superflu de mesurer exactement la quantité du liquide en expérience comme il a été recommandé dans les premières lignes de cet exposé. En réalité, il faut quand même mesurer exactement les 50 ou 60 cc. de liquide, car il se fait suivant la quantité du liquide, des courants de convection variables



a par exemple = 46,22 Lt — 98,5 R — 150 ohms.		Exemple pris pour une petite cuve de verre.
On écrit donc : $1210 = 150 \times \frac{98,5 - 46,22}{46,22} \times \frac{1}{S}$		

d'où : $\frac{1}{S} = C = 7.12$

qui sera le coefficient de cuve, déterminé une fois pour toutes (mais que l'on vérifiera de temps en temps (les électrodes pouvant se déplacer) et que l'on appliquera dans la formule générale.

Autre exemple. — Une cuve de 2 litres ébonite, donne pour coefficient, quand on y introduit 1 litre d'eau d'expérience :

a. 40,6 Lt. 98,6 R. 100 ohms	$1210 = 100 \times \frac{98.6 - 40.6}{40.6} \times \frac{1}{S}$ $\frac{1}{S} = C = 17 \text{ environ.}$
------------------------------------	--

Pour une détermination très précise, il faut faire intervenir la résistivité de l'eau distillée qui sert à faire la solution de KCl. Supposons que cette résistivité soit égale à 428.000 ohms. La solution d'étalonnage est alors :

$$\frac{1}{1.210} + \frac{1}{428.000} = \frac{1}{1.206}$$

Notre formule de détermination de C utilise donc le chiffre de 1206, au lieu de 1210. C'est là le cas d'une bonne eau distillée, mais lorsque l'on a des eaux distillées médiocres ayant 50 à 80.000 ohms comme résistivité, le chiffre de la solution KCl s'en trouve très modifié, et il faut tout à fait en tenir compte.

ETALONNAGE DU FIL. — Dans notre formule générale

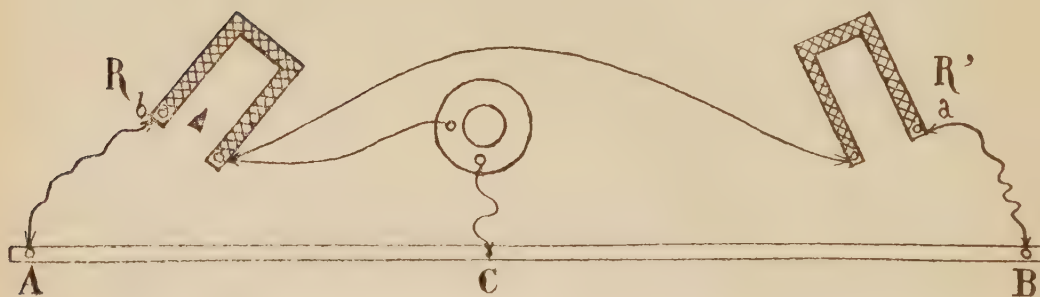
$$\rho = R \times \frac{Lt - a}{a} \times \frac{1}{S}$$

tout est connu actuellement. Nous n'avons fait qu'une réserve pour Lt. Il semble qu'il suffirait de lire Lt, a, sur la règle. Ce serait exact

si le fil était rigoureusement calibré et si 60 divisions du fil étaient rigoureusement 5 fois proportionnelles à 12 divisions du même fil, ce dont on ne peut être sûr.

Pour cela, on étalonne le fil.

On dispose l'appareil comme dans la figure générale. De même que pour déterminer le coefficient de cuve on s'est adressé à une solution de résistivité connue, on met à la place de R' (cuve d'eau) une deuxième boîte de résistance et l'on cherche les positions du silence C , C_1 , C_2 .



C_3 etc..., pour les résistances introduites sur les boîtes. Un tableau d'étalonnage offrira l'aspect suivant :

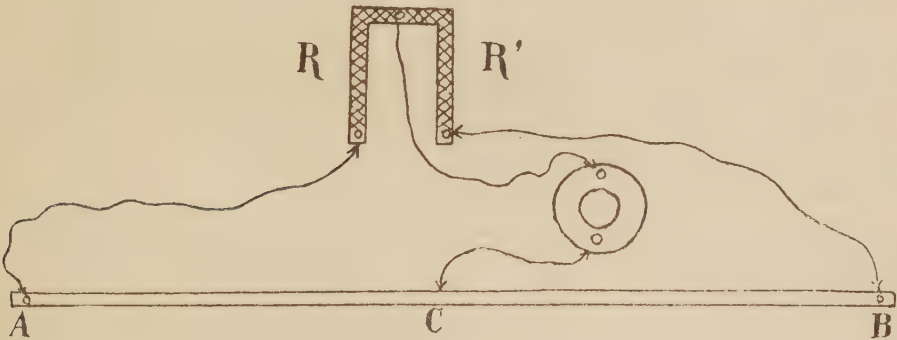
<u>R</u>	<u>R'</u>	<u>Silence</u>
		a
6 ohms	10 ohms	37,6
7 —	10 —	41,25
8 —	10 —	44,55
9 —	10 —	47,5
10 —	10 —	50,15
10 —	9 —	52,75
10 —	8 —	55,7
10 —	7 —	59,0
10 —	6 —	62,55

(A ce moment l'extrémité A du fil est relié à R' en a, l'extrémité B du fil est reliée à R en b ; on inverse la position),

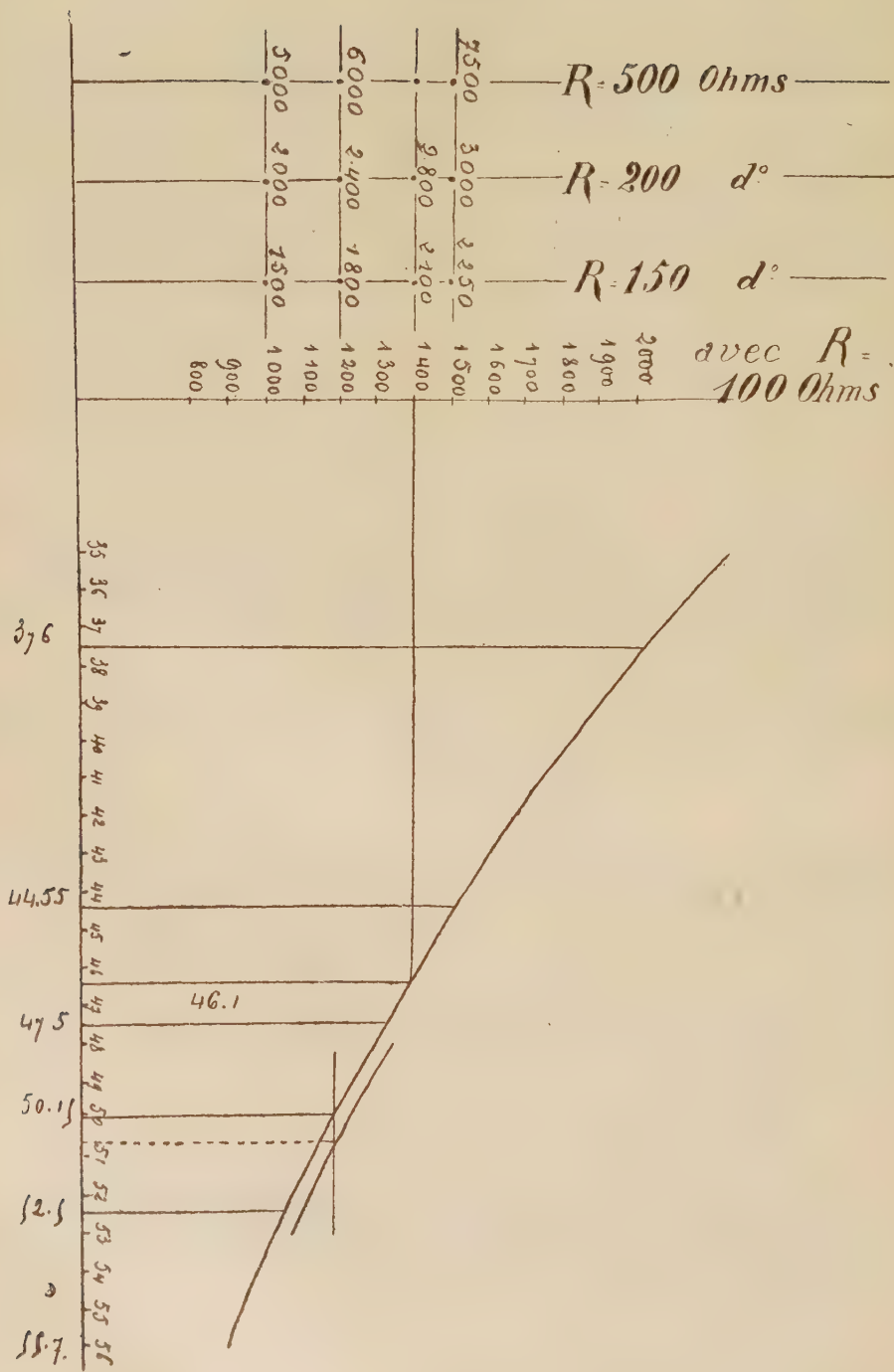
Pour se rendre compte de l'état de régularité du fil, on calcule la longueur totale théorique du fil x :

$$\begin{array}{rcll} \frac{a}{x-a} = \frac{6}{10} = \frac{37.6}{x-37.6} & & x = 100.26 \\ & \dots\dots\dots & 100.16 \\ & \dots\dots\dots & 100.22 \\ & \dots\dots\dots & 100.27 \\ & \dots\dots\dots & 100.3 \\ x-a & \frac{9}{10} = \frac{52.75}{52.75} & x = 100.22 \\ & \dots\dots\dots & 100.26 \\ & \dots\dots\dots & 100.3 \\ & \dots\dots\dots & 100.8 \end{array}$$

— Si l'on ne dispose que d'une seule boîte de résistance, on peut encore faire l'étalonnage en la divisant en deux par l'insertion du Pont du téléphone entre les deux branches de la boîte :



— Nous avons maintenant tous les éléments utiles pour nous servir couramment de notre appareil. Le mieux est de construire un graphique pour l'obtention des résultats.



La courbe s'obtient en construisant chacun des points de l'éta-
lonnage. Exemple : formule générale :

$$\rho = R \times \frac{Lt - a}{a} \times C = R \times \frac{CB}{AC} \times C$$

Soit $C = 12$
 $R = 100$ par exemple.

La théorie et les expériences nous ont indiqué pour un silence
 x de 37,6, que nous avons

$$\frac{CB}{AC} = \frac{Lt - a}{a} = \frac{10}{6}$$

d'où $\rho = 100 \times \frac{10}{6} \times 12 = 2000$
 (37.6)

On aurait de même :

$$\rho (44.55) \dots 100 \times \frac{10}{8} \times 12 = 1500$$

$$\rho (47.5) \dots 100 \times \frac{10}{9} \times 12 = 1333$$

$$\rho (50.15) \dots = 1200$$

$$\rho (52.75) \dots = 1080$$

$$\rho (55.7) \dots = 960$$

etc...

(Si cette courbe n'est pas
sensiblement une droite
comme celle ci-dessus, il y
a erreur dans un calcul ou
le fil est très mauvais).

Cette courbe, une fois construite, si une eau donne le
silence à 46,1, nous indiquera que si l'on a employé pour cette lec-
ture

R = 100	ρ sera 1.400
150	— 2.100
200	— 2.800
300	— 4.200
500	etc.

(Ces valeurs de R, variables avec la nature de l'eau, peuvent être
prévues latéralement avec la valeur principale du graphique. (Voir
ci-dessous où il n'a été calculé que quelques chiffres).

Comme le graphique l'indique, on s'arrange toujours pour pla-
cer ses lectures d'eau au voisinage du milieu du fil (ceci en faisant
varier R). L'appareil est plus sensible.

Le graphique présente le grand avantage de supprimer les calculs. Mais si l'étalonnage du fil vient à varier, ce qui est possible, il faut le modifier. Ainsi celui que nous avons édifié l'était pour un fil donnant :

$$\frac{10}{10} = 1 = \frac{Lt - 50.15}{50.15} = (Lt = 100.3)$$

$$\rho = 100 \times 1 \times 12 = 1200$$

(50.15)

Avant chaque opération, on lit ce rapport $\frac{10}{10}$ ou $\frac{1}{1}$. En général, les variations sont très faibles. Mais, à la suite de grands froids ou de grandes chaleurs, ces variations peuvent s'accroître.

Supposons que l'on trouve ce rapport $\frac{1}{1} = 50,5$ et ceci d'une façon continue pendant plusieurs jours, on modifiera le graphique

$$\rho = 100 \times 1 \times 12 = 1.200$$

(50,15)

en menant une parallèle à la précédente courbe, car il est à supposer que tout le fil a varié de même, ce qu'on peut d'ailleurs vérifier.

Si la cuve vient à casser, il n'y a aucune chance pour que le graphique puisse servir pour une autre cuve. Il faut en faire un nouveau.

Aussi a-t-on recours souvent au calcul direct. C'est ici que le calcul de Lt théorique, établi lors de l'étalonnage du fil, prend tout son intérêt. Supposons qu'une eau donne un silence de 61 (en faisant $R = 100$) :

	Lt à 59.0	était	100.3
	Lt à 62.55	était	100.08
	3.55		0.22
(On calcule la Lt proportionnelle en interposant 2 valeurs de l'étalonnage).	61 — 59 = 2		$\frac{0.22}{3.55} \times 2 = 0.12$

On déduit Lt à 61 $= 100.3 - 0.12 = 100.18$

d'où $\rho = 100 \times \frac{100.18 - 61}{61} \times 12 = 768$

RESULTATS OBTENUS

Boîtes de résistance = 1.100 ohms. Lt = 99.75, d'où la formule :

$$\frac{99.75 - a}{a} \times 1100 \times 5.21$$

6 Avril :

KEREVEN	a = 34,3	$\frac{99.75 - 34.3}{34.3} \times 1100 \times 5.21 = 10.888$
KERGUILLETTE	a = 50	$\frac{99.75 - 50}{50} \times 1100 \times 5.21 = 5.691$
FILTRÉE	a = 46,5	$\frac{99.75 - 46.5}{46.5} \times 1100 \times 5.21 = 6.533$
OZONÉE	a = 46,6	$\frac{99.75 - 46.6}{46.6} \times 1100 \times 5.21 = 6.246$

22 Avril :

KEREVEN	a = 36,7	$\frac{99.75 - 36.7}{36.7} \times 1100 \times 5.21 = 9.700$
KERGUILLETTE	a = 49,5	$\frac{99.75 - 49.5}{49.5} \times 1100 \times 5.21 = 5.788$
FILTRÉE	a = 49.	$\frac{99.75 - 49}{49} \times 1100 \times 5.21 = 5.902$
OZONÉE	a = 48,5	$\frac{99.75 - 48.5}{48.5} \times 1100 \times 5.21 = 6.017$

2 Mai :

KEREVEN	a = 32,6	$\frac{99.75 - 32.6}{32.6} \times 1100 \times 5.21 = 11.748$
KERGUILLETTE	a = 49,8	$\frac{99.75 - 49.8}{49.8} \times 1100 \times 5.21 = 6.304$
FILTRÉE	a = 45,6	$\frac{99.75 - 45.6}{45.6} \times 1100 \times 5.21 = 6.762$
OZONÉE	a = 45.	$\frac{99.75 - 45}{45} \times 1100 \times 5.21 = 6.934$

CONCLUSIONS. — *Ces résultats nous montrent bien que la minéralisation des eaux n'est pas sensiblement modifiée par le mode de stérilisation. La résistivité est un peu plus faible dans l'eau stérilisée, ce qui est dû sans doute à la légère augmentation de l'acide sulfurique après traitement au sulfate d'alumine.*

EAUX URBAINES :

Eau du Fourneau économique.....	6.832 ohms.
— de la Nouvelle-Ville.....	6.903 —
— de Kerentrech.....	6.837 —
— de la place Bisson.....	6.894 —
— Ozonée	7.433 —

CONCLUSIONS. — *Les eaux augmentent légèrement leur minéralisation en passant dans la canalisation urbaine, dissolvant sans doute des parcelles des dépôts minéraux qui s'y sont formés. Leur résistivité électrique est, en effet, un peu plus faible que celle de l'eau au sortir de l'usine.*

d. -- Recherche des matières fluorescentes.

On définit la FLUORESCENCE : la propriété qu'ont certains corps de transformer la lumière qu'ils reçoivent en radiations lumineuses de plus grande longueur d'onde.

Ces phénomènes ont été surtout étudiés par M. Stokes, de Cambridge, qui a posé sur la fluorescence la loi qui porte son nom.

LOI DE STOKES. — *La lumière émise par fluorescence est toujours composée de radiations moins réfrangibles que celles qui ont provoqué la fluorescence, ou encore, les radiations émises ont une longueur d'onde plus grande que les radiations excitatrices.*

On peut encore la résumer :

La transformation opérée par la fluorescence se fait toujours d'une lumière plus réfrangible à une lumière moins réfrangible.

La fluorescence est donc un phénomène de même ordre que la

phosphorescence, et on peut dire avec Becquerel que la fluorescence n'est qu'une « phosphorescence de très courte durée ».

Nombre de substances ont des propriétés fluorescentes : sels d'urane, de métaux alcalins et alcalino-terreux, sels de cérium, didyme, zirconium, lanthane, yttrium, sels de quinine, éserine, esculine, santoline, etc...

Beaucoup de matières organiques répandues dans la nature possèdent cette intéressante propriété. Ce sont elles qui, dissoutes dans les eaux, les rendent fluorescentes.

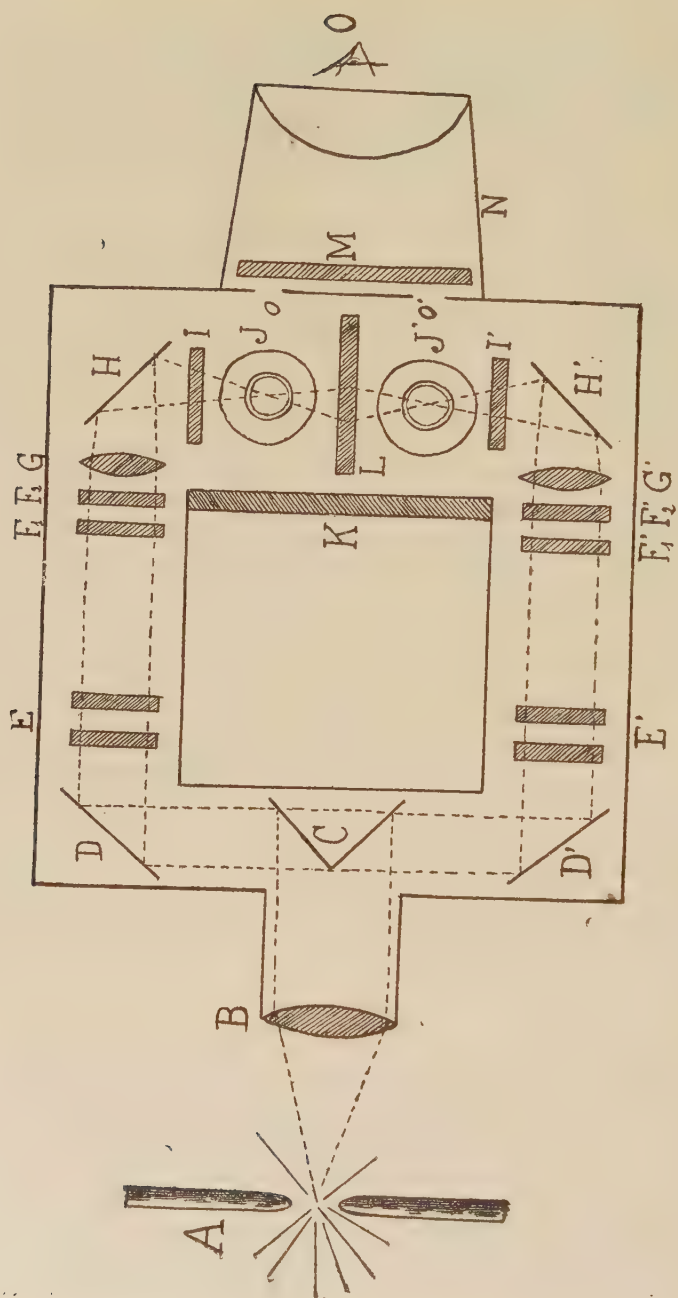
Connaissant la teneur ordinaire en matières fluorescentes d'une eau, on a un moyen approximatif de la contrôler, de suivre ses variations. (Ainsi, à l'Observatoire de Montsouris, on sait que l'eau de l'Avre est en général plus fluorescente que l'eau de la Vanne et du Loing). L'augmentation de la fluorescence attire l'attention sur l'arrivée d'eaux superficielles, causée par des orages par exemple, ou des infiltrations dans un aqueduc ou sur le parcours d'une eau souterraine. D'où l'utilité de la recherche des matières fluorescentes, mise en honneur par M. Dienert.

Nous avons utilisé cette méthode pour mettre en évidence la diminution des matières organiques dans les eaux stérilisées.

PRINCIPE. — Le principe de la méthode est le suivant : lorsqu'on fait passer un fort pinceau lumineux à travers une eau renfermant des substances fluorescentes, et qu'on observe celui-ci, perpendiculairement à sa direction, on constate, sur son passage, une trainée colorée. En lumière bleue-rouge, le faisceau est coloré en bleu un peu verdâtre ; en lumière bleue, il est vert. Si l'eau n'est pas très limpide, on met mieux en évidence ce pinceau lumineux coloré en observant son image extraordinaire à travers un prisme biréfringent.

Appareil Dienert. — Le foyer lumineux d'une lampe à arc A à point fixe est placé au foyer d'une lentille convergente B. Le faisceau de lumière partant de B vient se refléter sur deux glaces accotées à angle droit, C, qui renvoient la lumière de part et d'autre, perpendiculairement. Ces 2 nouveaux faisceaux viennent tomber sur deux glaces D, D', inclinées à 45°, qui leur font reprendre la direction primitive de la lumière.

Chacun d'eux traverse deux glaces de verre rouge-violet, épaisses de 1 m/m 6 environ E, E', puis rencontre une lentille convergente dont le foyer est rejeté en J et J', grâce aux deux glaces H et H'. En I et I', on place



un verre bleu, pour empêcher les réflexions rougeâtres de gêner l'examen.

En J et J' on place les deux flacons dont on veut comparer la fluorescence.

L'œil, placé en O dans une chambre noire N, observe le faisceau lumineux à travers un verre vert M, par les deux trous O et O'. En L et K sont deux écrans ; le premier sépare les deux faisceaux, le deuxième protège de la lumière qui peut filtrer de l'enveloppe de la lampe à arc. D'autre part, on dispose d'une série de verres rouge-violet de $1^{\text{m/m}} 6$, $1^{\text{m/m}} 44$, $1^{\text{m/m}} 28$, $1^{\text{m/m}} 12$, $0^{\text{m/m}} 96$, $0^{\text{m/m}} 80$ d'épaisseur.

DOSAGE. — La plupart des eaux contiennent des substances fluorescentes qui sont surtout visibles quand on les concentre. On les évapore au $1/20^{\text{e}}$ environ de leur volume et on les filtre à travers un filtre Berzelius débarrassé de toute trace de substances fluorescentes.

Quelquefois, avant la filtration, pour obtenir une eau plus claire, on ajoute du talc, traité préalablement par l'hypochlorite de soude, comme le papier à filtrer ; on rejette sur le filtre, jusqu'à clarification complète, le liquide qui, tout d'abord, passe trouble et on en récolte 30 c/m^3 qu'on conserve dans un flacon bouché à l'émeri.

Pour doser la matière fluorescente, on sèche de la fluorescéine n° 9, pendant 8 jours, dans le vide, sur de l'acide sulfurique, et l'on en prépare, avec de l'eau distillée pure, exempte de matières fluorescentes, une solution au $1/1.000.000$, c'est-à-dire contenant 1 milligramme de fluorescéine par litre. Puis, avec cette solution, on fait une gamme de dilutions contenant 10^{-1} , 2×10^{-1} , 3×10^{-1} , 4×10^{-1} , 5×10^{-1} , 6×10^{-1} , 7×10^{-1} , 8×10^{-1} , 9×10^{-1} , milligrammes de fluorescéine par litre.

L'expérience apprend que si on place en J un flacon contenant 10^{-1} milligrammes de fluorescéine par litre et que si, en F', on met un verre-rouge-violet de $1^{\text{m/m}} 6$ d'épaisseur, il faut placer en J' un flacon contenant $K \times 10^{-1}$ de fluorescéine par litre pour obtenir la même fluorescence qu'en J. Si on met en F', deux verres de $1 \text{ m/m } 6$ pour obtenir la même fluorescence qu'en J, il faudra mettre en J' un flacon contenant $K^2 \times 10^{-1}$ milligrammes de fluorescéine.

Si on intercale n verres, il faudra mettre en J' un flacon de $K^n \times 10^{-1}$ milligrammes de fluorescéine.

Si on fait une courbe en prenant comme abscisse l'épaisseur croissante des verres en millimètres, et comme ordonnée, l'intensité de fluorescence indiquée par la teneur de fluorescéine de l'eau contenue dans le flacon donnant, avec le verre correspondant à l'abscisse la même fluorescence que le flacon de 10^{-1} milligrammes de fluorescéine sans verre, on a une logarithmique correspondant à la formule suivante :

$$y' \text{ (ordonnée)} \times K^x \text{ (abscisse)} = A,$$

A étant une constante correspondant à l'ordonnée pour $x = 0$, c'est-à-dire pour $y = 10^{-1}$ milligrammes de fluorescéine par litre.

Si, au lieu d'un verre de $1^{m/m} 6$ d'épaisseur, on prend un verre de $0^{m/m} 96$, on cherche pour $x = 0^{m/m} 96$, l'ordonnée correspondante. Celle-ci donne le titre en fluorescéine du flacon qu'il faudrait intercaler en J' pour avoir la même fluorescence que celle du flacon de 10^{-1} milligrammes de fluorescéine observé sans verre en F.

Au lieu de solutions de fluorescéine, on peut intercaler des flacons contenant différentes dilutions d'une matière fluorescente quelconque ; la loi trouvée pour la décroissance de fluorescence due aux verres rouge-violet est la même.

Le verre M a pour but de ramener à une teinte verte uniforme les colorations bleues, bleu-verdâtres ou vertes des substances fluorescentes placées en J et J' et, par suite, de faciliter leur comparaison.

Il faut commencer par centrer l'appareil. Il est considéré comme centré quand chacun des deux faisceaux vient tomber au milieu de l'écran L et au même endroit de chaque côté de ce dernier.

Pour le régler, on place en J et J' deux flacons contenant la même quantité de fluorescéine et en E et E' on intercale des verres rouge-violet jusqu'au moment où la fluorescence est la même qu'en J et J'.

Supposons qu'en J, on place une solution d'eau contenant des substances fluorescentes et qu'en J' on place un flacon contenant de la fluorescéine à 10^{-1} milligrammes par litre.

L'œil en O voit s'il y a une différence d'intensité en O et O'. Si J' est le plus fluorescent, on place en F¹ et F² des verres rouge-violet en nombre suffisant pour obtenir en J' la même qu'en J. On note l'épaisseur totale du verre intercalé en F¹, F², etc... soit n. Ceci fait, on passe en J le flacon J' et réciproquement et on recommence la lecture. On trouve n' épaisseur de verre intercalé en F¹, F², etc..., soit n. Ceci fait, on passe en J le flacon J' et réciproquement et on recommence la lecture. On trouve n' épaisseur de verre intercalé en F¹, F², etc... Si l'appareil a été bien centré, on doit avoir $n = n'$, sinon $N = \sqrt{nn'}$, N étant le nombre de verres à intercaler.

L'ordonnée correspondant à l'abscisse N donne la fluorescence du liquide provenant de l'eau à comparer. Soit N_y et, si on a concentré au $1/20^e$ l'eau examinée, la fluorescence de cette dernière représentait $N_y \times 1/20$ milligrammes de fluorescéine par litre.

Le verre rouge-violet diminue beaucoup la fluorescence de la fluorescéine ; il permet l'examen de la fluorescence naturelle des eaux qu'il renforce.

Recherche des matières fluorescentes dans les eaux de Kereven, de Kerguillette et dans l'eau ozonée.

Pour faire cette recherche, nous sommes partis d'une solution type de fluorescéine à 1 pour 10 millions (au dix-millionième) correspondant à 1.000×10^{-4} milligr de fluorescéine par litre.

Nous avons concentré les eaux à examiner au $1/10^{\circ}$ (35 p. 350). (Si on constate que les eaux sont très peu fluorescentes, on concentre au $1/20^{\circ}$, soit 35 p. 700. Si, au contraire, elles sont trop fluorescentes, on concentre au $1/5^{\circ}$).

En opérant ainsi, nous avons obtenu comme moyenne pour les eaux de Kéréven et de Kerguillette, l'égalité de teintes avec la solution témoin de fluorescéine ci-dessus, ce qui correspond à une teneur en fluorescéine de 1.000×10^{-4} puisque nous avons concentré au $1/10^{\circ}$, soit $100 \times 10^{-4} =$ une concentration de 1 cent millième par litre.

Pour l'eau ozonée, nous avons dû mettre un verre rouge-violet de $0^{\text{mm}}/8$ d'épaisseur (désigné couramment sous le nom de verre 5), ce qui correspond d'après la courbe à une ordonnée de 14,1 si l'on a construit la courbe partant de $A = 20$.

En multipliant 14,1 par 5 pour avoir la fluorescence par litre, nous avons obtenu $70,5 \times 10^{-4}$, soit $\frac{1}{142.000}$ (1 cent quarante-deux millièmes de fluorescéine par litre.

CONCLUSIONS. — *Il y a après traitement des eaux de Kéréven et de Kerguillette une perte de fluorescence de 30 o/o, ce qui indique bien qu'il y a moins de matières organiques dans l'eau ozonée.*

Ces résultats concordent avec ceux donnés ci-dessous par M. DIENERT, dans une note communiquée le 21 février 1910 à l'Académie des Sciences, note dans laquelle il fait ressortir dans les termes suivants l'utilité de la recherche des matières fluorescentes comme contrôle de l'ozonisation :

« Nous avons pensé, dit-il, que ce moyen d'investigation peut être précieux quand on se propose de rechercher si une eau a réelle-

ment subi l'influence de l'Ozone ou des rayons ultra-violet, même plusieurs heures après sa sortie des appareils de stérilisation.

Ainsi :

Procédé Marmier-Abraham

Eau de Chartres avant stérilisation.....	236 × 10 ⁻⁴ (1)
— après —	70.8 × 10 ⁻⁴

Procédé de Frise

Eau de Marne avant stérilisation.....	259 × 10 ⁻⁴
— après —	37 × 10 ⁻⁴

Eau envoyée par M. le D^r Courmont

Eau de Lyon avant action des rayons ultra-violet	147 × 10 ⁻⁴
Eau de Lyon après action pendant 60 secondes des rayons ultra-violet	40 × 10 ⁻⁴

(1) Quantité de fluorescéine par litre donnant la même fluorescence (en milligrammes).

Si l'on se rappelle que l'analyse chimique ne permet aucune différenciation facile entre ces eaux, avant et après traitement, et que l'analyse bactériologique demande un temps assez long, on peut se rendre compte de l'utilité que peuvent avoir les recherches des substances fluorescentes (méthode donnant des résultats au bout de cinq minutes), quand il s'agit de surveiller la marche des installations de stérilisation. »

e. — Cryoscopie.

Le point de congélation d'une solution *étendue* est toujours inférieur à la température normale de fusion du dissolvant, et les cristaux qui se forment d'abord sont constitués par le dissolvant pur.

Cette règle ne présente que de rares exceptions qui se rapportent à des cas où le corps dissous et le dissolvant sont isomorphes, ou bien lorsqu'ils ont des propriétés chimiques très voisines.

LOI DE RAOULT. — Raoult a établi la loi suivante :

L'abaissement de la température de congélation, ou abaissement cryoscopique d'un dissolvant, est proportionnel à la concentration

de la solution et en raison inverse du poids moléculaire du corps dissous. D'où la relation

$$C = K \frac{P}{M} \quad (1)$$

C désigne l'abaissement cryoscopique.

P le poids en grammes du corps dans 100 gr. de dissolvant.

K est une constante dépendant de la nature du dissolvant.

Pour l'eau dans les conditions de la formule (1) on a $K = 18,5$.

L'application de ces lois aux eaux d'alimentation présente deux difficultés principales :

1° Les eaux potables sont des solutions trop étendues pour donner un abaissement cryoscopique notable. Il faut, en effet, pour avoir une bonne mesure que P soit de l'ordre de grandeur du gramme. Or, une eau de source ayant 300 milligr. d'extrait sec donne $C = 0,03$. Il faut donc concentrer et alors tenir compte des sels qui se déposent et des substances qui arrivant près de leur maximum de solubilité ne vérifient plus les lois des solutions étendues.

2° Les substances dissoutes dans les eaux d'alimentation sont nombreuses et variables. Au point de vue de la cryoscopie, on peut les diviser en deux classes :

a LES CORPS NON ÉLECTROLYSABLES, tels que les sucres, phénols, amines, ainsi qu'un grand nombre de matières organiques. Ces corps vérifient bien les lois indiquées dans certaines limites de concentration.

b LES ÉLECTROLYTES, tels que les sels en solution dans l'eau. Pour ces corps, la loi est plus compliquée : d'abord, la proportionnalité de l'abaissement à la concentration se vérifie moins bien. L'abaissement croît généralement moins vite que la concentration, et est généralement double, triple, etc... de la valeur calculée d'après la formule (1). On explique l'ensemble de ces faits en admettant que chaque ion mis en liberté dans la dissolution produit le même abaissement qu'une molécule non dissociée.

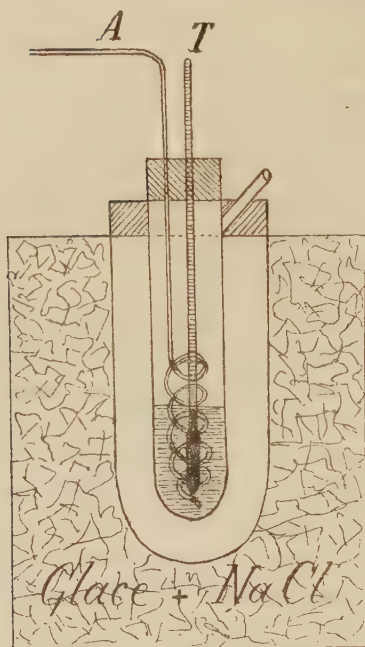
Pour NaCl en solution très étendue (dissociation complète on a

$$K = 2 \times 18,5$$

$$K = 3 \times 18,5$$

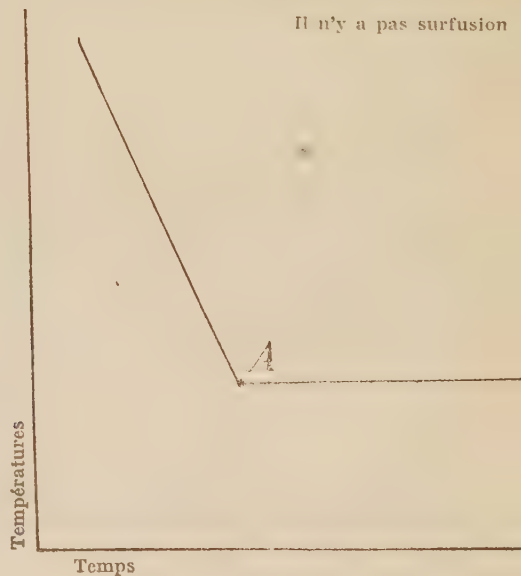
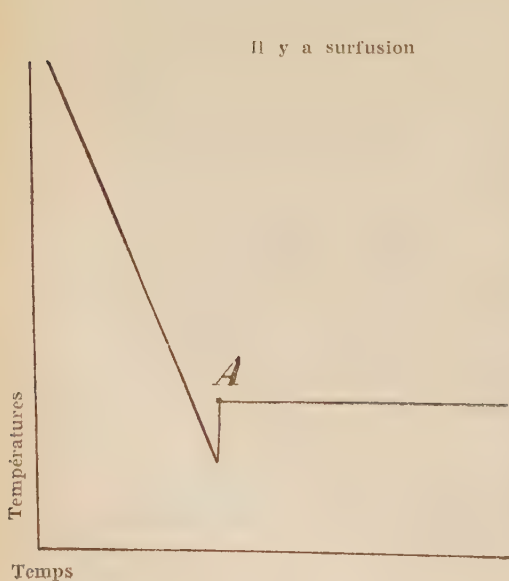
On voit donc que dans l'étude de la cryoscopie des eaux potables une discussion très complète des résultats s'impose,

TECHNIQUE EXPERIMENTALE. — L'eau concentrée est



mise dans un tube contenant un thermomètre au $1/100^{\text{e}}$ de degré et un agitateur. Un deuxième tube en verre contient le premier. Le matelas d'air situé entre les 2 tubes rend lente et régulière la réfrigération. On fait plusieurs lectures en dégelant à la main et en remettant ensuite dans le cryoscope.

Les courbes de refroidissement de la solution peuvent présenter les deux aspects suivants.



(Si l'agitation ne suffit pas pour faire cesser la surfusion on introduit un fragment de glace par le tube latéral).

Nous avons évaporé 400 cc. d'eau à 40 cc. Nous avons donc opéré sur les eaux 10 fois concentrées. Pendant l'évaporation au bain-marie il ne s'est pas formé de pellicule insoluble comme cela arrive pour les eaux chargées en CaO et MgO (CO² s'évapore et les bicarbonates deviennent insolubles). Les filtres n'ont pas donné d'augmentation de poids.

Toutes les substances minérales et organiques restent donc en solution dans les 40 cc.

RESULTATS D'EXPERIENCES :

Désignation des échantillons	1 ^{re} lecture	2 ^e lecture	3 ^e lecture	4 ^e lecture	moyenne
Eau Ozonée.....	0°06	0°065	0°055	0°06	0°06
Eau de Kereven.....	0.065	0.055	0.06	0.055	0.06
Eau de Kerguillette.....	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Eau urbaine (Place Bisson)...	0.05	0.045	0.05	0.05	0.05
Eau urbaine (Kerentrech).....	0.055	0.055	0.06	0.055	0.055
Eau urbaine (Rue Carnot)....	0.06	0.055	0.06	0.05	0.055

L'eau de Kerguillette est, cryoscopiquement, la plus chargée. De plus, elle a donné des phénomènes très réguliers, ce qui arrive pour les eaux *très chargées en matières organiques*.

(Pour calculer le poids moléculaire moyen M des substances dissoutes, on prend l'extrait sec L en grammes par litre ; on connaît C le point cryoscopique). On a :

$$M = \frac{18.5 \times 0.1C}{C}$$

(Ce nombre est trop faible parce que le coefficient doit être plus fort que 18,5 qui s'appliquerait s'il n'y avait pas de sels ionisés).

En résumé, ces mesures cryoscopiques montrent que ces eaux ont une minéralisation sensiblement la même, elles démontrent bien que cette minéralisation n'est pas modifiée par le traitement au sulfate d'alumine.

f. -- Radioactivité.

Malgré toute la satisfaction que nous aurions éprouvée à pratiquer cette intéressante recherche, sous la direction de notre Président de Thèse, Monsieur le Professeur MOUREU, dont les importants travaux sur la détermination, dans les eaux de sources, des gaz thermaux, des gaz rares, de la Radioactivité, sont si connus, nous avons dû nous résigner à abandonner cette étude, en raison du caractère d'eaux de surface des eaux que nous étudions, eaux dont les émanations radio-actives se détruisent rapidement. Elles s'échappent, en effet, dans l'atmosphère, pendant le trajet à la surface du sol et l'air ozoné qui barbotte dans l'eau enlève ce qui peut en rester.

g. -- Réfractométrie.

Pour nous rendre compte s'il était possible de tirer une indication quelconque de l'indice de Réfraction des eaux que nous examinons, nous avons déterminé ces indices à l'aide du Réfractomètre de Féry.

Nous n'avons pas obtenu de différence appréciable avec l'indice de l'eau distillée (on sait que ce dernier indice est de 1.33303 à la température de 20°).

h. -- Polarimétrie.

Nous avons enfin recherché si ces eaux renfermaient des substances douées de pouvoir rotatoire. Cet examen au Polarimètre LAURENT nous a démontré qu'elles étaient inactives sur le plan de la Lumière polarisée.

C. -- ANALYSES CHIMIQUES.

- a. -- Exposé et Etude de la Méthode adoptée ;
- b. -- Résultats des analyses ;
- c. -- Interprétation des résultats ;

Méthodes employées pour l'analyse chimique.

C'est la méthode du Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France que nous utilisons. Nous la détaillons rapidement, en exposant, pour certains dosages, quelques procédés qui peuvent être parallèlement utilisés.

PRÉLÈVEMENTS. — Il est indispensable de prélever l'eau dans des bouteilles rigoureusement propres. Nous nous servons de préférence, de bouteilles neuves, en verre, bouchées à l'émeri. Si ces conditions ne peuvent être réalisées, nous rinçons les vases successivement avec une solution de permanganate de potasse en milieu sulfurique pour les débarrasser des matières organiques qu'elles peuvent contenir, puis avec l'eau à prélever jusqu'à ce qu'elle ne soit plus colorée, ni acide. Nous remplissons complètement les bouteilles, les bouchons avec du liège neuf. Nous prélevons 10 litres d'eau.

ANALYSES. — Nous procédons aux divers dosages dans l'ordre suivant :

1° Evaluation des Produits altérables

- MATIÈRES ORGANIQUES : 1° En solution acide ;
2° En solution alcaline ;

DOSAGE DES GAZ DISSOUS : Oxygène

Azote

Acide carbonique ;

AMMONIAQUE ET SELS AMMONIACAUX ;

AZOTE ORGANIQUE ;

NITRATES ;

NITRITES ;

SULFURE ET HYDROGÈNE SULFURÉ ;

2° Evaluation des Produits fixes

RÉSIDU A 110° ;

SILICE ;

OXYDE DE FER ET ALUMINE ;

CHAUX ;

MAGNÉSIE ;

ACIDE SULFURIQUE ;

CHLORURES ;

ACIDE PHOSPHORIQUE ;

DEGRÉ HYDROMÉTRIQUE TOTAL ;

DEGRÉ ALCALIMÉTRIQUE ;

RECHERCHE DES MATIÈRES FÉCALES ;

RECHERCHE DE LA PUTRESCIBILITÉ.

MATIÈRES ORGANIQUES. — Les procédés mis en œuvre pour cet important dosage ont été multipliés :

Cela tient à ce qu'on ne peut pas songer dans le cas actuel à déterminer leur composition par les méthodes ordinaires. Pour faire une analyse élémentaire comprenant seulement le dosage du Carbone et de l'Hydrogène, il faut au moins 0 gr. 30 à 0 gr. 35 de matière : un résultat n'ayant de valeur qu'après deux analyses concordantes, il est nécessaire d'avoir à sa disposition un poids minimum de 0 gr. 70 de substance.

Or, il faut non seulement doser le Carbone et l'Hydrogène, mais aussi l'Azote et parfois le Soufre, le Phosphore, etc.. Il faut tout d'abord isoler cette matière organique. Et comment y parvenir sans l'altérer profondément ?

Au surplus, la composition élémentaire d'une substance organique suffit rarement à la caractériser et, en général, une même analyse correspond à plusieurs corps différents.

Des essais dans ce sens ont été cependant tentés, particulièrement par FRANCKLAND et AMSBRONG, qui dosaient le Carbone et l'Azote organique, appréciaient la valeur hygiénique de l'eau sur le rapport de ces deux éléments. Le procédé est délicat, les résultats qu'ils donnent sont le plus souvent illusoires.

Il semblerait possible du moins, de pouvoir estimer le poids total de cette matière organique par le procédé classique de la calcination. Mais lorsqu'on incinère, même avec précaution, le résidu de l'évaporation d'une certaine quantité d'eau, la matière organique ne disparaît pas seule. Il y a volatilisation des sels ammoniacaux, des chlorures, décomposition des carbonates, des nitrates, de sorte que cette détermination qu'on a désignée sous le nom de « Perte au rouge » n'a aucune signification.

Il a donc bien fallu adopter une méthode conventionnelle et, ce qu'on désigne sous le terme imprécis de matière organique, n'est pas le poids de cette substance, *mais le poids d'Oxygène qu'elle emprunte, pour s'oxyder, à une solution de permanganate de potasse.*

C'est la méthode du Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France. La quantité d'Oxygène empruntée au Permanganate variant avec la durée du contact, la température, l'acidité ou l'alcalinité du milieu, il est nécessaire d'opérer dans des conditions rigoureusement identiques, sur des volumes différents (100 et 200 cent. cubes en général), de calculer par différence le poids d'Oxygène dissous.

Malheureusement, elle ne nous renseigne pas sur la nature de la matière organique et c'est pourtant ce qui serait le plus intéressant à connaître. Il résulte cependant des nombreux dosages effectués sur des eaux intentionnellement souillées (le Sol et l'Eau, p. 346), que les matières organiques d'origine animale donnent en général un chiffre plus élevé d'Oxygène absorbé en milieu alcalin qu'en milieu acide, et on peut tenir pour suspecte une eau dans laquelle la matière organique supérieure à 1 m/m 5 en oxygène est plus forte en solution alcaline qu'en solution acide (Pouchet et Bonjean).

On a beaucoup discuté sur la quantité maxima de ces matières que doit renfermer une eau potable et, jusqu'à ces temps derniers, on admettait la limite de 2 milligrammes fixée par le Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France. Depuis, on s'est rendu compte que c'était moins la quantité de ces substances que leur qualité qui devait prévaloir dans l'interprétation de ces résultats. Cette interprétation est une question d'espèce et il appartient au Chimiste de tirer une conclusion du taux des matières organiques en faisant entrer en ligne de compte les autres déterminations (chlorures, nitrites, sels ammoniacaux), pouvant indiquer la pollution de l'eau.

Nous citerons pour mémoire :

LA MÉTHODE LENORMAND (Bulletin des Sciences Pharmacologiques, 1903, page 209), dont le principe est le suivant : faire bouillir avec l'eau à analyser une solution alcaline titrée de permanganate de potasse, puis déduire ensuite par comparaison au colorimètre avec la liqueur titrée

elle-même, la quantité de permanganate disparue, c'est-à-dire la quantité d'Oxygène fixée sur la matière organique).

MODE OPÉRATOIRE. — Nous utilisons les solutions suivantes :

— Solution de sulfate de fer ammoniacal :

Sulfate de fer ammoniacal.....	10 grammes.
Acide sulfurique pur.....	10 grammes.
Eau distillée	1.000.

— Solution de permanganate de potasse à 0 gr. 500 par litre.

— Solution de bicarbonate de soude à 10 0/0.

— Solution d'acide sulfurique à 50 0/0.

— — — à 25 0/0.

Nous commençons d'abord par nous rendre compte rapidement de la proportion approximative de matières organiques que contiennent les eaux. Il arrive, en effet, que si l'on procède au dosage avec 10 ou 20 centimètres cubes de la solution de permanganate, ces quantités peuvent être insuffisantes dans le cas où les eaux sont chargées et il devient nécessaire de recommencer.

Nous prenons 4 fioles coniques en verre de Bohême ; dans 2 de ces fioles, nous mesurons 100 centimètres cubes d'eau ; dans les 2 autres, 50 centimètres cubes.

Pour le dosage en milieu acide, nous ajoutons :

5 cc. d'acide sulfurique à 25 0/0 dans la fiole de 50 centimètres cubes ;
10 cc. id. id. id. 100 centimètres cubes.

Pour le dosage en milieu alcalin :

5 c. de la solution de bicarbonate de soude dans la fiole de 50 c. cubes ;
10 c. id. id. id. id. 100 c. cubes

Les 4 fioles sont ensuite additionnées de 10 ou 20 centimètres cubes de la solution de permanganate suivant la richesse présumée en matières organiques, portées à une ébullition soutenue, mais modérée pendant 10 minutes exactement ; on les laisse refroidir ; acidule les liqueurs alcalines avec 20 ou 10 cent. cubes d'acide sulfurique à 50 0/0 ; décolore les liqueurs avec 10 ou 20 cent. cubes de solution de sulfate de fer, suivant que l'on a employé 10 ou 20 cent. cubes de permanganate ; revient au rose faible.

La différence entre les volumes de permanganate utilisés pour la fiole de 100 cent. cubes et celle de 50 qui lui correspond représente celui qui a été absorbé par la matière organique de 50 cent. cubes d'eau. Ce volume, exprimé en centimètres cubes, multiplié par 0 m/m 125 puis par 20, donne le taux par litre des matières organiques.

DOSAGE DE L'OXYGÈNE DISSOUS. — Deux méthodes sont généralement adoptées : la méthode à l'hydrosulfite de soude, la méthode au sulfate de protoxyde de fer, de Albert Lévy. C'est cette dernière que nous adoptons.

Principe. — Une solution de sulfate ferreux ammoniacal donne dans de l'eau alcalinisée par de la soude un précipité d'hydrate ferreux qui au contact de l'oxygène dissous dans l'eau se transforme en hydrate ferrique. Si la solution de sulfate ferreux est à un titre connu, on saura, en déterminant (au moyen d'une solution de permanganate de potasse

dont on connaît la teneur en oxygène), la quantité de sel qui reste à l'état de sel ferreux, celle qui est passée à l'état d'Hydrate ferrique.

On peut utiliser les mêmes solutions pour le dosage des matières organiques ; on prépare la solution alcaline en dissolvant 7 gr. 50 de soude caustique dans un litre d'eau distillée.

On se sert pour ce dosage de la burette bien connue d'Albert Lévy, et on opère avec un témoin.

DOSAGE SIMULTANÉ DES VOLUMES D'ACIDE CARBONIQUE, D'OXYGÈNE ET D'AZOTE. — Il faut d'abord extraire ces gaz :

Pour cela on utilise deux moyens :

L'extraction par la pompe à mercure ;

L'extraction par l'ébullition.

C'est ce dernier procédé qui est généralement utilisé.

On remplit un ballon d'environ 1 litre avec l'eau à analyser (le volume exact du ballon bouché a été probablement déterminé). Le bouchon est muni d'un tube qui plonge dans la cuve à mercure. Le liquide est doucement porté à l'ébullition. Quand il ne se dégage plus de bulles d'air on enlève le ballon et, après refroidissement, on détermine le volume total de gaz dégagé en le transvasant dans un tube gradué. L'acide carbonique est ensuite absorbé par la potasse : la diminution de volume donne celui de ce gaz. Avec une solution concentrée d'acide pyrogallique on absorbe l'oxygène et enfin le volume restant est exprimé en azote.

AMMONIAQUE ET SELS AMMONIACAUX — AMMONIAQUE ALBUMINOÏDE. —

On se rend compte rapidement si l'eau renferme des sels ammoniacaux en en faisant bouillir 100 centimètres cubes additionnés d'un peu de lessive de soude, dans un ballon bouché à l'ouate sur laquelle on place un morceau de papier de tournesol rouge. Si l'eau en renferme, l'ammoniaque, déplacée par la soude, vient bleuir le papier tournesol.

Si nous voulons nous rendre compte approximativement de leur proportion, nous concentrons par l'ébullition 100 centimètres cubes d'eau additionnés de 5 gouttes d'acide sulfurique jusqu'à 30 cent. cubes environ. Après refroidissement, nous alcalinisons avec de la soude diluée et ajoutons du réactif de Nessler (iodo-mercure de potasse).

Suivant la richesse en sels ammoniacaux, nous avons une coloration ou un précipité dont l'importance nous fixe approximativement.

Si cette proportion nous paraît suffisante pour être dosée, nous employons le procédé classique : déplacement à l'ébullition des sels ammoniacaux par la magnésie. L'ammoniaque est reçue dans un volume déterminé d'une solution décimale d'acide sulfurique.

Pour doser l'ammoniaque albuminoïde, nous ajoutons au liquide restant dans le ballon du permanganate de potasse et de la potasse. Nous laissons deux heures en contact et nous distillons à nouveau en recueillant le distillat dans de l'acide sulfurique décimale.

AZOTE ORGANIQUE. — Par hydrogénation et oxydation au moyen de l'acide sulfurique, en présence de mercure comme adjuvant, nous décomposons les matières organiques azotées en acide carbonique, eau et am-

moniaque. Il faut opérer sur un grand volume d'eau (2 à 3 litres évaporés à environ 30 cent. cubes).

Le mercure dissous est précipité par une solution d'Hyposulfite de soude ou de monosulfure de sodium et l'ammoniaque formée est déplacée dans l'appareil d'Aubin au moyen de lessive de soude ajoutée en excès. Elle est recueillie dans une solution d'acide sulfurique décime.

On a ainsi l'Azote total de 1 litre d'eau. On en soustrait l'Azote ammoniacal ; la différence représente l'Azote organique.

NITRITES. — On peut utiliser :

- le sulfate de Métaphénylènediamine ou réactif de Griess ;
- le réactif acéto-phéniqué Lajoux ;
- l'aniline acétique de Dénigès ;
- le réactif naphtolé de Riégler ;
- le réactif à l'iodure de zinc amidonné de Tromsdorff.

Nous utilisons de préférence les procédés de Griess et de Tromsdorff.

Procédé Griess. — Il repose sur la formation de Vésuvine ou brun Bismarck (Chlorhydrate de triaminobenzol), quand on mélange une solution de métaphénylènediamine avec une solution de nitrite à titrer. On peut apprécier la proportion de nitrites en comparant la coloration obtenue avec celle que donne une solution de nitrite de concentration déterminée.

Procédé de Tromsdorff. — Pour préparer le réactif de Tromsdorff, nous mettons dans un ballon : 5 grammes de fécule, 20 grammes de chlorure de zinc et 100 cent. cubes d'eau ; nous portons à une douce ébullition sous réfrigérant ascendant pendant 3 ou 4 heures, ajoutons 2 grammes d'iodure de zinc, complétons à 1 litre, filtrons, conservons à l'obscurité.

Dans un ballon, nous plaçons 100 cent. cubes d'eau environ, 2 cent. cubes d'acide sulfurique et 2 cent. cubes de réactif. Une coloration bleue indique la présence des nitrites. L'intensité de la coloration nous indique s'il y a lieu de procéder à un dosage. En ce cas, nous la comparons au colorimètre avec celle que donne dans les mêmes conditions une solution d'Azotite de sodium à titre connu.

NITRATES. — Il a été donné un nombre considérable de procédés pour caractériser dans les eaux la présence des azotates. Malheureusement, la plupart de ces réactions sont communes aux azotites.

La recherche des azotates se fait en général par la brucine, qui donne avec les azotates en milieu sulfurique une coloration rouge, ou la diphenylamine qui donne une couleur bleue. Le dosage se pratique par le procédé de Grandval et Lajoux au réactif sulfo-phéniqué.

Réactif sulfo-phéniqué. — S'il existe des azotites dans l'eau, il est nécessaire de les détruire ; pour cela, on en réduit 100 ou 200 cent. cubes environ au bain-marie, jusqu'à 10 cent. cubes qu'on fait bouillir pendant une minute avec quelques centimètres cubes d'une solution acétique d'urée. On évapore et on recherche, ou dose les azotates sur le résidu,

sachant que si à une solution d'acide azotique, on ajoute de l'acide phénique en solution sulfurique, il se produit de l'acide picrique qui, avec de l'ammoniaque donne du picrate jaune d'ammoniaque. La constatation de cette coloration jaune indique la présence d'azotates et la comparaison de l'intensité de cette coloration avec celle obtenue dans les mêmes conditions avec une solution d'azotate alcalin à titre connu en permettra le dosage.

EVALUATION DES PRODUITS FIXES. — DÉTERMINATION DU TITRE ALCALIMÉTRIQUE (d'après Bonjean). — C'est à M. Bonjean que l'on doit cette méthode qui permet de contrôler les résultats de l'analyse minérale. Le degré alcalimétrique mesure l'alcalinité correspondant aux carbonates alcalino-terreux.

La quantité d'acide sulfurique nécessaire pour faire virer l'hélianthine employée comme indicateur doit être équivalente à celle qui est nécessaire pour neutraliser les carbonates alcalino-terreux, dosés au cours de l'analyse. En cas d'écart sensible, il y a lieu de rechercher les carbonates alcalins.

On opère en général sur 500 cc. d'eau qu'on introduit dans un ballon. On les additionne de quelques gouttes de la solution d'Orangé Poirier n° 3 et on y fait tomber de l'acide sulfurique décime en agitant jusqu'à virage au rose.

Avec les eaux qui nous intéressent, il n'est pas facile d'opérer ainsi en raison de la faible proportion de carbonates alcalino-terreux qu'elles renferment.

Nous opérons sur un litre d'eau que nous plaçons dans un grand verre à pied ; nous ajoutons 5 à 6 gouttes de la solution d'hélianthine ; versons la solution d'acide sulfurique décime goutte à goutte en agitant avec un gros agitateur. Nous faisons, d'autre part, un témoin avec un litre d'eau distillée

Le volume de solution d'acide sulfurique titré ainsi déterminé multiplié par 0,0049 donne le titre alcalimétrique.

RÉSIDU A 110°. — Ce résidu s'obtient en évaporant un litre d'eau préalablement filtrée, au bain-marie, dans une capsule tarée, et en terminant la dessiccation par un séjour de quatre heures à l'étuve à 100-110°.

Ce résidu représente toutes les substances non volatiles à 110°.

Avant de faire la pesée, laisser refroidir la capsule dans un dessiccateur, car le résidu est très hygrométrique.

ANALYSE DU RÉSIDU. — a) *Silice*. — Le résidu est repris par un peu d'eau et 4 à 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique. On évapore à sec au bain-marie bouillant. On le reprend à nouveau par l'acide chlorhydrique dilué et chaud, recueille la silice sur un filtre sans cendres, lave capsule et filtre à l'eau bouillante. Ce dernier est séché, calciné dans une capsule tarée. La différence de poids de la capsule donne la silice exprimée en SiO_2 .

b) *Alumine et Oxyde de fer*. — Quand les doses de fer contenues dans les eaux sont négligeables, on le précipite à l'état d'oxyde en même temps que l'alumine et le poids obtenu est exprimé en oxyde de fer et d'alumine.

Si le fer paraît en quantité dosable, ce dont on peut se rendre compte par l'aspect ocreux du résidu à 110° et du précipité obtenu comme ci-dessus par l'ammoniaque, on le dose au moyen d'une solution titrée de permanganate de potasse après l'avoir ramené à l'état de sel ferreux par réduction au moyen du zinc.

Dans la liqueur obtenue après séparation de la silice et recueillie dans un vase à précipitations chaudes, on ajoute un peu de solution de chlorhydrate d'ammoniaque et de l'ammoniaque en excès (ajouter ce dernier réactif goutte à goutte pour éviter tout débordement), chauffer à l'ébullition pendant quelques instants pour en chasser l'excès, jeter sur un filtre sans cendres. Laver à l'eau bouillante, sécher, calciner. On a ainsi la somme $Al_2O_3 + Fe_2O_3$.

Dosage du Fer. — Si le fer paraît en proportion notable, nous le dosons de la manière suivante :

Nous reprenons le précipité d'oxyde de fer et d'alumine par de l'acide chlorhydrique et amenons à un volume connu dans un ballon jaugé. Nous réduisons le sel ferrique dissous à l'état de sel ferreux par addition d'un fragment de zinc pur qui provoque la formation d'hydrogène à l'état naissant et nous titrons au permanganate de potasse normal centime dont chaque cent. cube correspond à :

Fer métallique	0 gr. 00056
Protoxyde de fer	0 gr. 00072
Péroxyde de fer	0 gr. 0008

Dosage de la Chaux. — Le liquide obtenu après séparation de l'alumine et de l'oxyde de fer est légèrement ammoniacal. Nous le rendons franchement acétique et précipitons la chaux par 10 cent. cubes d'oxalate d'ammoniaque en solution saturée, à l'ébullition. Le précipité d'oxalate de chaux recueilli sur un filtre à analyses, lavé à l'eau bouillante, est calciné. On peut peser la chaux ainsi obtenue. Cette manière de faire entraîne fatalement une erreur en raison de l'hygroscopie de la chaux. Nous préférons la transformer en carbonate par addition de quelques gouttes d'une solution aqueuse de carbonate d'ammoniaque et dessiccation à l'étuve. Le poids de carbonate de chaux multiplié par le facteur 0,56 donne la teneur en CaO .

Dosage de la Magnésie. — Le liquide débarrassé de la chaux a été recueilli dans un vase à précipitations. Il est acétique. On le rend franchement ammoniacal, y ajoute 10 cent. cubes d'une solution aqueuse de chlorhydrate d'ammoniaque, 5 à 6 c. c. d'une solution aqueuse saturée de phosphate d'ammoniaque et un excès d'ammoniaque. On agite pour amorcer la formation de phosphate ammoniaco-magnésien, laisse reposer pendant 12 heures, jette sur un filtre à analyses. Les cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien sont fortement adhérents aux parois du vase. On les détache avec un agitateur muni d'un caoutchouc, les lave avec de l'eau ammoniacale au tiers, sèche les filtres, calcine. Le poids de pyrophosphate de magnésie $P_2Mg_2O_7$, multiplié par le facteur 0,36036, donne la teneur en magnésie MgO .

Dosage de la Potasse et de la Soude. — Ces dosages offrent surtout de l'intérêt dans l'analyse des eaux minérales et ne se pratiquent pas en général dans les analyses d'eau d'alimentation.

La potasse se dose soit à l'état de chloroplatinate, soit à l'état de perchlorate. Le premier procédé est plus exact. Le poids de platine réduit, multiplié par le facteur 0,48407 donne la potasse en K_2O . Si l'on a utilisé la méthode au perchlorate, on multiplie le poids obtenu de perchlorate de potasse ClO_4K par le facteur 0,34019.

ACIDE SULFURIQUE. — Ce dosage se pratique en général sur 500 cc. d'eau qu'on acidule par l'acide chlorhydrique, porte à l'ébullition. On y ajoute alors peu à peu dix cent. cubes d'une solution saturée de chlorure de baryum. Le précipité de sulfate de baryte, maintenu quelque temps au bain-marie pour faciliter son agrégation, est jeté sur un filtre, lavé à l'eau bouillante jusqu'à ce que l'eau de lavage ne précipite plus par l'azotate d'argent, séché, calciné.

Le poids de sulfate de baryte, multiplié par le facteur 0,34326 donne le poids d'acide sulfurique (SO_3) contenu dans la prise d'essai.

CHLORE. — Nous utilisons le procédé volumétrique à l'azotate d'argent qui est rapide et suffisamment précis. La solution titrée que nous adoptons est à 2 gr. 907 par mille : un cent. cube correspond à un milligramme de chlorure de sodium. Nous opérons d'ordinaire sur 250 cent. cubes d'eau en présence de chromate de potasse comme indicateur. Les résultats en chlore ou en acide chlorhydrique s'obtiennent en multipliant le poids de chlorure de sodium par 0,607 ou 0,6239.

ACIDE PHOSPHORIQUE. — Nous recherchons les phosphates par le réactif molybdique (15 gr. de molybdate d'ammoniaque dans 100 cc. d'eau et addition de 100 cc. d'acide azotique).

25 cc. d'eau introduits dans un tube à essai avec 5 cc. d'acide azotique et 5 cc. du réactif molybdique sont portés à l'ébullition pendant quelques instants ; il se produit une coloration ou un précipité jaune, s'il y a des phosphates et suivant leur abondance.

Pour le dosage, nous précipitons le phosphate à l'état de phosphomolybdate d'ammoniaque, recueillons ce dernier sur un filtre, le lavons à l'acide azotique, le redissolvons dans l'ammoniaque et le précipitons à nouveau à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien que nous transformons par calcination en pyrophosphate. (Il est très rare qu'on soit amené à pratiquer ce dosage).

DEGRÉ HYDROTIMÉTRIQUE. — Indiquée par Clark, reprise et généralisée par Boutron et Boudet, en France, cette méthode, basée sur la propriété que possède l'eau pure de donner une mousse persistante avec une solution de savon, permet d'être fixé très approximativement, mais rapidement, sur la proportion des sels terreux.

La détermination du degré hydrotimétrique revient donc à calculer, en opérant comparativement avec l'eau à analyser et une solution de chlorure de calcium, la quantité de ce dernier ou de sel terreux équiva-

lent, contenue dans un litre d'eau. Ce poids étant connu, il suffit, pour avoir le degré hydrotimétrique, de le diviser par 0,0114, quantité de chlorure de calcium nécessaire pour précipiter dix centigrammes de savon.

On se sert généralement de la burette dite hydrotimétrique (qu'on peut sans inconvénient remplacer par une burette graduée ordinaire), et d'un flacon dit également « hydrotimétrique », qu'on peut remplacer par un flacon long et étroit d'environ 100 cc. de capacité.

La burette hydrotimétrique est une burette de Gy-Lussac, à graduation particulière. Un intervalle de 24 cc. est divisé en 23 parties égales et la graduation 22 porte un trait spécial, car elle représente la quantité de solution de savon nécessaire pour obtenir une mousse persistante avec 40 centimètres cubes de la solution aqueuse de chlorure de baryum à 0 gr. 55 par litre. *Chaque division de la burette représente un degré hydrotimétrique.*

RECHERCHE DES MATIÈRES FÉCALES. — 200 à 300 centimètres cubes d'eau sont agités avec la moitié de leur volume d'éther à 65 degrés, en deux fois. Les liqueurs éthérées, évaporées à basse température laissent un résidu d'une odeur fécaloïde marquée, si les eaux examinées sont souillées par des infiltrations de matières fécales.

RECHERCHE DE LA PUTRESCIBILITÉ. — Cette recherche consiste à placer de l'eau dans un flacon bien bouché et à l'y laisser 8 à 10 jours à l'étuve à 37-38°. L'eau doit rester limpide et ne pas dégager de mauvaise odeur.

ANALYSE SPECTRALE. — Cette méthode est d'une sensibilité telle qu'on ne peut guère lui fixer de limite. Elle est extrêmement précise et permet de caractériser des traces excessivement faibles d'un métal, là où toutes les autres méthodes sont impuissantes à le déceler.

Nous l'avons utilisée pour la recherche du *Lithium*, dans les eaux que nous étudions.

MODE OPÉRATOIRE. — Nous avons d'abord fait coïncider la raie D du sodium (obtenue par addition de NaCl dans la nacelle du brûleur) avec la division 80 du micromètre ; puis, dans la cuiller de platine, soigneusement débarrassée de chlorure de sodium par des lavages répétés, nous avons placé le résidu de l'évaporation de 10 litres d'eau après l'avoir humecté d'acide chlorhydrique (la volatilisation à l'état de chlorures est plus facile).

Comme résultats, nous avons toujours constaté la présence de la raie D du Sodium, mais nous n'avons jamais noté, même passagèrement, la présence d'aucune autre raie.

Analyses Chimiques

(des Eaux du Scorff)

Les résultats sont exprimés en miligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Scorff Tronchâteau	Scorff	Scorff Kerfontanion	Scorff Tronchâteau
Date	14 nov.1907	17 janv.1908	31 janv.1908	3 janv. 1909
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° En Oxygène				
Solution acide	3.9	4.1	4.5	4.5
Solution alcaline	3.9	4	4	4.5
2° En acide Oxalique				
Solution acide	30.73	32.30	35.46	35.46
Solution alcaline	30.75	31.52	31.52	35.46
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids.....	5.6	7.2	6.5	5.9
2° En volume.....	3.89	5.01	4.2	4.10
ANALYSE CHIMIQUE				
Azote ammoniacal.....	traces	traces	traces	traces
Azote organique.....	traces	traces	traces	traces
Nitrates	traces	néant	néant	traces
Nitrites	néant	néant	néant	néant
Acide phosphorique.....	néant	néant	néant	néant
Acide sulfurique.....	11	14	19	12
Chlore (en NaCl).....	26	29	38	40
Hydrogène sulfuré.....	néant	néant	néant	néant
RÉSIDU				
Résidu à 110°.....	60	100	120	120
Silice	8.1	12.2	20.8	22.7
Fer et Alumine.....	1.2	1	1.5	1.2
Chaux (en CaO).....	4	8.6	9.1	8.8
Magnésie (en MgO ;).....	2.7	3.5	5.7	5.6
Potasse (K ² O)	traces	traces	traces	traces
Soude Na ² O)	traces	traces	traces	traces
Lithine	néant	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique	1.5	2.5	2	2
Alcalimétrie (en CO ³ Ca)...	11.2	16	17	18

Analyses Chimiques

(des Eaux du Scorff)

Les résultats sont exprimés en miligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Scorff	Scorff
Date	3 juin 1908	31 janv. 1909
MATIÈRES ORGANIQUES		
1° En Oxygène		
Solution acide	6.25	6
Solution alcaline	3.75	4.5
2° En acide Oxalique		
Solution acide	49.25	47.28
Solution alcaline	28.75	35.46
OXYGÈNE DISSOUS		
1° En poids.....		
2° En volume.....	5.7	
Azote ammoniacal.....	traces	traces
Azote organique.....	traces	traces
Nitrates	néant	néant
Nitrites	néant	néant
Acide phosphorique.....	néant	traces
Acide sulfurique.....	27	20
Chlore (en NaCl).....	32	40
Hydrogène sulfuré.....	néant	néant
Résidu à 110°.....	115	120
Silice	19	21.5
Fer et Alumine.....	1.2	1.4
Chaux (en CaO).....	9.1	8.8
Magnésie (en Mgo ;).....	4.7	5.1
Potasse (K ² O)	traces	traces
Soude Na ² O)	traces	traces
Lithine	néant	néant
Degré hydrotimétrique	2	2
Alcalimétrie (en CO ³ Ca) ..	20	16

Analyses Chimiques comparées des Eaux Brutes, Ozonées, Filtrées

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Ozonée	Filtrée	Kereven	Kerguillette
Date ...	17 oct. 1913	17 oct. 1913	17 oct. 1913	17 oct. 1913
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° En Oxygène				
Solution acide	1	1.50	4.5	3.5
Solution alcaline	0.75	1.25	3.5	2.5
2° En acide Oxalique				
Solution acide	7.88	11.18	35.46	27.58
Solution alcaline	5.91	9.85	27.58	21.64
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids.....	—	—	—	—
2° En volume.....	—	—	—	—
Azote ammoniacal.....				
Azote organique.....	trac. légères	trac. légères	trac. légères	trac. légères
Nitrates	néant	néant	traces	traces
Nitrites	traces	traces	traces	tr. notables
Acide phosphorique.....	néant	néant	néant	néant
Acide sulfurique.....	néant	néant	néant	néant
Chlore (en NaCl).....	13	14	2.3	19
Hydrogène sulfuré.....	42	42	48	78
	néant	néant	néant	néant
Résidu à 110°.....				
Silice	96	98	72	150
Fer et Alumine.....	11	12	10	31
Chaux (en CaO).....	1	1	1.5	4
Magnésie (en Mgo ;).....	11	9	5	7
Potasse (K ² O)	3.1	3.3	3.5	6.5
Soude Na ² O)	traces	traces	traces	traces
Lithine	traces	traces	traces	traces
Degré hydrotimétrique	néant	néant	néant	néant
Alcalimétrie (en CO ³ Ca)...	2	2.2	2.5	4.5
	9.8	10	14	19

Analyses Chimiques comparées des Eaux Brutes, Ozonées, Filtrées

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Ozonée	Filtrée	Kereven	Kerguillette
Date ...	18 oct. 1913	18 oct. 1913	18 oct. 1913	18 oct. 1913
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° En Oxygène				
Solution acide	1.25	1.9	7	4.5
Solution alcaline	0.75	1.4	5.5	3.5
2° En acide Oxalique				
Solution acide	9.85	14.97	55.16	35.46
Solution alcaline	5.91	11.03	43.34	27.58
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids.....				
2° En volume.....				
Azote ammoniacal.....	tr. légères	tr. légères	tr. légères	tr. légères
Azote organique.....	néant	néant	traces	traces
Nitrates	traces	traces	tr. notables	tr. notables
Nitrites	néant	néant	néant	néant
Acide phosphorique.....	néant	néant	néant	néant
Acide sulfurique.....	12	12	4	17
Chlore (en NaCl).....	39	44	35	67
Hydrogène sulfuré.....	néant	néant	néant	néant
Résidu à 110°.....	96	96	88	136
Silice	12	12.5	12.5	21
Fer et Alumine.....	1.2	1.2	1.1	3
Chaux (en CaO).....	9.1	9.5	7.8	11
Magnésie (en MgO;).....	3.9	4	2.9	6
Potasse (K ² O)	traces	traces	traces	traces
Soude Na ² O)	traces	traces	traces	traces
Lithine	néant	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique ...	3	2.8	2.5	4.5
Alcalimétrie (en CO ³ Ca)..	1.1	13	15	19

Analyses Chimiques comparées des Eaux Brutes, Ozonées, Filtrées

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Ozonée	Filtrée	Kereven	Kerguillette
Date	19 oct. 1913	19 oct. 1913	19 oct. 1913	19 oct. 1913
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° En Oxygène				
Solution acide	0.75	1.5	7.50	4
Solution alcaline	0.75	1.25	5.00	3.25
2° En acide Oxalique				
Solution acide	5.91	11.82	59.100	31.52
Solution alcaline	5.91	9.85	39.400	25.61
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids.....				
2° En volume.....				
Azote ammoniacal.....	néant	néant	traces	très légères
Azote organique.....	néant	néant	tr. notables	traces
Nitrates	2.7	néant	2.9	7.4
Nitrites	néant	néant	néant	néant
Acide phosphorique.....	néant	néant	néant	néant
Acide sulfurique.....	13	13	3	19
Chlore (en NaCl).....	40	40	34	65
Hydrogène sulfuré.....	néant	néant	néant	néant
Résidu à 110°.....	84	98	75	147
Silice	11	13	13.2	17
Fer et Alumine.....	1	1	1.5	2
Chaux (en CaO).....	8.5	9.5	8	13
Magnésie (en Mgo ;).....	4.5	4.2	2.3	6.4
Potasse (K ² O)	traces	traces	traces	traces
Soude Na ² O)	traces	traces	traces	traces
Lithine	néant	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique total	3.5	3.5	3	4
Alcalimétrie (en CO ³ Ca) ..	14	14	18	20

Analyses Chimiques comparées des Eaux Brutes, Ozonées, Filtrées

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Ozonée	Filtrée	Kereven	Kerguillette
Date	23 oct. 1913	23 oct. 1913	23 oct. 1913	23 oct. 1913
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° En Oxygène				
Solution acide	0.75	1.75	11	9
Solution alcaline	0.50	1	9.5	8.75
2° En acide Oxalique				
Solution acide	5.91	13.79	86.68	70.92
Solution alcaline	3.94	7.88	74.86	68.95
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids.....				
2° En volume.....				
Azote ammoniacal				
Azote organique.....				
Nitrates				
Nitrites				
Acide phosphorique.....				
Acide sulfurique.....				
Chlore (en NaCl).....				
Hydrogène sulfuré.....				
Résidu à 110°.....				
Silice				
Fer et Alumine.....				
Chaux (en CaO).....				
Magnésie (en MgO ;).....				
Potasse (K ² O)				
Soude Na ² O)				
Lithine				
Degré hydrotimétrique				
Alcalimétrie (en CO ³ Ca)..				

Analyses Chimiques comparées des Eaux Brutes, Ozonées, Filtrées

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Ozonée	Filtrée	Kereven	Kerguillette
Date	10 nov. 1913	10 nov. 1913	10 nov. 1913	10 nov. 1913
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° <i>En Oxygène</i>				
Solution acide	1.50	1.75	8.5	7.5
Solution alcaline	1.25	1.50	7	6.5
2° <i>En acide Oxalique</i>				
Solution acide	11.82	13.79	66.98	59.10
Solution alcaline	9.85	11.82	55.16	51.22
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids.....	8.9	8.1	7.5	7.2
2° En volume.....	6.19	5.63	5.22	5.01
Éléments minéraux				
Azote ammoniacal.....	traces	traces	traces	traces
Azote organique.....	néant	néant	tr. notables	tr. notables
Nitrates	6.5	7	7.6	8.1
Nitrites	néant	néant	néant	néant
Acide phosphorique.....	néant	néant	néant	néant
Acide sulfurique.....	10	11	6	17
Chlore (en NaCl).....	51	51	53	57
Hydrogène sulfuré.....	néant	néant	néant	néant
Résidu et sels				
Résidu à 110°.....	108	109	101	139
Silice	19	20	14	25
Fer et Alumine.....	1.2	1.3	1.3	3
Chaux (en CaO).....	7.2	8.1	7.8	6
Magnésie (en MgO ;).....	5.1	5.4	4.7	5.9
Potasse (K ² O)	traces	traces	traces	traces
Soude Na ² O)	traces	traces	traces	traces
Lithine	néant	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique total	2.1	2.1	2	4.5
Alcalimétrie (en CO ³ Ca)...	15.5	16	16	18

Analyses Chimiques comparées

des Eaux Brutes, Ozonées, Filtrées

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Ozonée	Filtrée	Kereven	Kerguillette
Date	24 janv. 1914	24 janv. 1914	24 janv. 1914	24 janv. 1914
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° <i>En Oxygène</i>				
Solution acide	1.9	1.9	2.15	2.75
Solution alcaline	1.4	1.6	1.4	2.50
2° <i>En acide Oxalique</i>				
Solution acide	14.97	14.97	16.94	21.67
Solution alcaline	11.03	12.60	11.03	19.70
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids.....	8.8	8.2	7.5	6.8
2° En volume.....	6.12	5.7	5.22	4.73
ANALYSE CHIMIQUE				
Azote ammoniacal.....	traces	traces	traces	traces
Azote organique.....	néant	néant	traces	traces
Nitrates	9	13.2	8.2	10
Nitrites	néant	néant	néant	néant
Acide phosphorique.....	néant	néant	néant	néant
Acide sulfurique.....	37.5	6.8	6.8	7.5
Chlore (en NaCl).....	53	53	54	56
Hydrogène sulfuré.....	néant	néant	néant	néant
RÉSIDU				
Résidu à 110°.....	110.6	110	115	135
Silice	19.3	20	20	25.6
Fer et Alumine.....	0.6	0.6	1	1.3
Chaux (en CaO).....	7.6	8.2	8.9	10
Magnésie (en Mgo ;).....	4.8	5.2	5.2	5.6
Potasse (K ₂ O)	traces	traces	traces	traces
Soude Na ₂ O)	traces	traces	traces	traces
Lithine	néant	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique	2.5	2.5	2.8	3.5
Alcalimétrie (en CO ₃ Ca) ..	16	16	16	20

Analyses Chimiques comparées des Eaux Brutes, Ozonées, Filtrées

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Ozonée	Filtrée	Kereven	Kerguillette
Date	12 mars 1914	12 mars 1914	12 mars 1914	12 mars 1914
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° <i>En Oxygène</i>				
Solution acide	1.50	2	8	7.5
Solution alcaline	1.25	1.50	6.5	6.5
2° <i>En acide Oxalique</i>				
Solution acide	11.82	15.76	61.04	59.10
Solution alcaline	9.85	11.82	51.22	51.22
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids	9.1	8.6	7.5	7.7
2° En volume	6.33	5.98	5.22	5.35
ANALYSE CHIMIQUE				
Azote ammoniacal	traces	traces	traces	traces
Azote organique	néant	néant	tr. notables	tr. notables
Nitrates	tr. notables	traces	traces	traces
Nitrites	néant	néant	néant	néant
Acide phosphorique	néant	néant	néant	néant
Acide sulfurique	9	8.5	7.5	10
Chlore (en NaCl)	43	43	48	54
Hydrogène sulfuré	néant	néant	néant	néant
SÉDIMENT				
Résidu à 110°	107	107.6	112.5	131
Silice	18	19	18.5	22.5
Fer et Alumine	1.2	1.2	1.2	1.3
Chaux (en CaO)	59.0	9.5	9.8	12
Magnésie (en MgO ;)	5	5.2	5.1	5.6
Potasse (K ² O)	traces	traces	traces	traces
Soude Na ² O)	traces	traces	traces	traces
Lithine	néant	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique	2	2	2.5	4
Alcalimétrie (en CO ³ Ca) ..	18	19	19.5	22

Analyses Chimiques comparées des Eaux Brutes, Ozonées, Filtrées

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

LIEU DU PRELEVEMENT	Ozonée	Filtrée	Kereven	Kerguillette
Date	9 mai 1914	9 mai 1914	9 mai 1914	9 mai 1914
MATIÈRES ORGANIQUES				
1° <i>En Oxygène</i>				
Solution acide	1.25	1.50	4.50	4.25
Solution alcaline	1	1.75	4.25	4
2° <i>En acide Oxalique</i>				
Solution acide	9.85	11.82	57.13	51.22
Solution alcaline	7.88	13.79	51.22	47.28
OXYGÈNE DISSOUS				
1° En poids.....	8.5	7.8	6.9	6.7
2° En volume.....	5.91	5.42	4.8	4.6
Azote ammoniacal	traces	traces	traces	traces
Azote organique.....	néant	néant	traces	traces
Nitrates	traces	traces	tr. notables	tr. notables
Nitrites	néant	néant	néant	néant
Acide phosphorique.....	néant	néant	néant	néant
Acide sulfurique.....	9	9.5	10	16
Chlore (en NaCl).....	54	54	46	76
Hydrogène sulfuré.....	néant	néant	néant	néant
Résidu à 110°.....	92	94	70	110
Silice	9	10	10	18
Fer et Alumine.....	1.1	1.3	1.4	1.4
Chaux (en CaO).....	7	7.2	6.5	12
Magnésie (en MgO ;).....	4.3	4.2	5.4	6
Potasse (K ₂ O)	traces	traces	traces	traces
Soude Na ₂ O)	traces	traces	traces	traces
Lithine	néant	néant	néant	néant
Degré hydrotimétrique	2.5	2.5	2	2.2
Alcalimétrie (en CO ₃ Ca) ..	14	14	18	22

c. -- Interprétation des résultats.

Comme nous le faisons prévoir en exposant la géologie des terrains traversés par ces eaux, leur minéralisation est très faible, ne varie guère. Elles sont surtout pauvres en sels calcaires.

Leur proportion de matières organiques est, au contraire, presque toujours considérable. Elle varie avec les saisons, augmente avec les périodes de pluie, diminue pendant les périodes de froid et de sécheresse. C'est ainsi que le 24 janvier 1914, elles ne renfermaient que 2 milligrammes environ de matières organiques : le froid était très vif, la terre glacée, et elles ne recevaient plus d'eaux résiduelles. Si l'on n'y caractérise que peu de nitrates et pas de nitrites, c'est que la nitrification est généralement faible dans les terrains granitiques.

A l'examen des résultats comparatifs on se rend compte que le mode de stérilisation ne modifie pas cette minéralisation, que la proportion des matières organiques est considérablement abaissée.

D. -- ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES.

- a. -- Exposé et Etude de la Méthode adoptée ;
 - b. -- Résultats des Analyses ;
 - c. -- Interprétation des résultats ;
-

Cette analyse comprend deux parties :

- 1° La numération des germes ou Analyse quantitative ;
- 2° Leur spécification ou Analyse qualitative, cette dernière visant spécialement la recherche des espèces pathogènes et associations dangereuses.

MÉTHODE ADOPTÉE. — Nous avons adopté celle de MM. POUCHET et BONJEAN, devenue la méthode officielle du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Elle est classique ; nous nous bornons à la résumer rapidement en indiquant quelques procédés qu'on peut concurremment utiliser.

a) *Prélèvements.* — La manière dont sont faits les prélèvements est d'une importance capitale. Les contaminations accidentelles, même les plus insignifiantes, peuvent entraîner des erreurs d'appréciations considérables, surtout sur le nombre de germes. Si l'eau est prélevée à un robinet, à une pompe, il faut les flamber soigneusement, laisser couler un peu d'eau qui favorise leur refroidissement, passer dans la flamme de la lampe le goulot et le bouchon du flacon à prélèvement, le remplir complètement de façon à ne pas y renfermer d'air qui apporterait des germes étrangers, le placer dans une boîte métallique qui sera immédiatement introduite dans une caisse à double paroi contenant de la glace (à moins qu'on ne fasse lesensemencements sur place, ce qui est préférable). L'on sait, en effet, depuis les expériences de M. MIQUEL particulièrement, avec quelle rapidité les germes pullulent lorsqu'on ne maintient pas les échantillons à une température voisine de zéro degré.

Cette importante question du prélèvement a été traitée par M. DIMITRI dans sa conférence à la *Réunion Sanitaire Provinciale de Novembre 1912*. (Revue d'Hygiène et de Police Sanitaire).

— Noter la température extérieure, celle de l'eau, sa couleur, la nature du terrain.

b) *Matériel nécessaire : Sa stérilisation.* — On utilise :

1° des pipettes ordinaires, non graduées, et des pipettes de 1 cent. cube graduées en 1/10° de cc. portant, gravé sur le verre, le nombre de gouttes qu'elles fournissent par cent. cube. Il ne faut pas se fier à ce nombre de gouttes indiqué par les graveurs qu'autant que l'on ensemeince les milieux en tenant la pipette verticalement ; celui qu'elle donne lorsqu'on la tient horizontalement (quand on ensemeince sur boîtes de Pétri, par exemple) varie considérablement : la goutte étant plus forte, le nombre de gouttes est moindre.

2° *des Boîtes de Pétri* : elles ont un inconvénient : lorsqu'on soulève le couvercle pour laisser passer la pipette qui contient l'eau à ensemeincer et qu'on le laisse retomber, on emprisonne fatalement, quelques précautions que l'on prenne, une certaine masse d'air. Celle-ci provoque le plus souvent sur la gélatine l'apparition de nombreuses moisissures qui en favorisent la liquéfaction. Cet air peut renfermer également d'autres germes dont le développement vient fausser la numération.

Il est préférable d'utiliser la boîte de Roux parce qu'il est facile d'en flamber le goulot.

La fiole de Gayon présente le même avantage, mais la numération devient fort difficile en cas de commencement de liquéfaction, car on ne peut pas la renverser.

Nous employons pour toute la verrerie stérile qui nous est nécessaire, la stérilisation par la chaleur sèche, dans le four à flamber. Nous faisons un premier passage de la verrerie nue à 180°, pendant une heure, puis une deuxième stérilisation d'une heure à 150° du matériel enveloppé cette fois dans du papier filtre. Cette méthode évite le dégagement de vapeurs empyreumatiques qui se produisent toujours quand on chauffe du papier à 180°, et qui rendent le matériel stérilisé inutilisable.

c) *Milieux de culture.* — La préparation des milieux de culture usuels (bouillon, gélatine, gélose, eau peptonée, etc...) est trop connue pour que nous nous y arrêtions ici. Nous ferons seulement quelques remarques à ce sujet :

ALCALINITÉ DES MILIEUX. — *Si la question de l'unification des méthodes d'analyse des eaux peut se discuter, si, à moins d'adopter des formules chimiques définies, il est impossible, pour différents Bactériologistes, d'avoir des milieux identiquement composés, il est au moins un point sur lequel tous les Expérimentateurs pourraient se mettre d'accord : c'est sur leur alcalinité. Ce facteur joue, en effet, un rôle considérable : le nombre des germes varie avec l'alcalinité*

de la gélatine ; l'acidité définitive des milieux phéniqués varie évidemment avec l'alcalinité primitive du bouillon.

Dès 1894, M. DUCLAUX (Annales de l'Institut Pasteur, page 515), dans une revue critique des moyens d'examen des eaux potables, avait attiré l'attention des Bactériologistes sur les inconvénients d'une alcalinité non définie.

Les causes d'erreur qui peuvent fausser les chiffres relatifs au nombre des colonies sont bien connues, et il y a des préceptes pour les éviter : il faut faire la prise d'eau dans un vase stérilisé qu'on maintient dans la glace jusqu'au moment de l'utiliser ; il faut que la gélatine dans laquelle on ensemence ne soit ni trop chaude, ni trop froide, ni trop salée, ni trop fade, ni trop acide, ni trop alcaline, etc... Bref, le Manuel du Bon Bactériologiste arrive à ressembler de plus en plus à celui du bon cuisinier. Il s'agit de deviner le goût d'être infiniment plus délicats que nous sur leur nourriture et qui ne savent guère répondre que par oui ou non aux questions qu'on leur adresse.

Tout cela fait qu'on n'est jamais sûr d'eux et que les moindres changements dans la constitution du bouillon ou de la gélatine qu'on leur offre font varier dans une large mesure le nombre des colonies obtenues avec le même volume de la même eau.

Les exemples de ce fait sont légion.

Parmi les plus intéressants et les moins connus, il faut citer les résultats de REINSCH, au sujet de l'eau de l'Elbe entre Hambourg et Altona. Voici le nombre des colonies fournies par un demi-centimètre cube de cette eau, suivant qu'on faisait la numération sur la gélatine ordinaire un peu alcaline, comme le veut le rituel de la préparation, ou avec de la gélatine additionnée de proportions variables de carbonate de soude. Les proportions sont évaluées en dix-millièmes, c'est-à-dire en milligrammes de CO_3Na_2 , introduits dans 10 cc. de gélatine.

Dans la gélatine ordinaire.....	475 colonies
Avec 5 dix-millièmes de CO_3Na_2 ...	1.140 —
— 10 —	2.976 —
— 20 —	2.486 —
— 30 —	1.612 —
— 50 —	1.302 —
— 100 —	348 —
— 200 —	74 —
— 300 —	0 —

On voit qu'un millième de Carbonate de soude sextuple le nombre des colonies fournies par la gélatine ordinaire.

Reinsch a aussi étudié l'effet des acides, et voici résumés comme plus haut ceux que lui a fournis l'emploi de l'Acide tartrique :

Dans la gélatine ordinaire.....	406 colonies
Avec 28 cent-millièmes d'Acide tartrique	340 —
— 56 — —	173 —
— 84 — —	19 —
— 140 — —	6 —
— 224 — —	0 —

De ces différences, Reinsch conclut naturellement que le degré d'acidité ou d'alcalinité de la gélatine a une importance à laquelle on ne songe pas assez et il propose naturellement aussi de renoncer au papier de tournesol et de recourir à des procédés de dosage alcalin plus perfectionnés.

— En 1903, M. GRIMBERT, dans son rapport au CONGRÈS INTERNATIONAL DE BRUXELLES SUR L'UNIFICATION DES PROCÉDÉS D'ANALYSES BACTÉRIOLOGIQUES DES EAUX, avait soumis la résolution suivante : (Journal de Pharmacie et de Chimie. Novembre 1903. Page 417) :

L'alcalinité des divers milieux sera obtenue par une addition de soude telle que 100 cm³ du milieu exigent 1 cm³ d'acide normal pour être neutralisés, en se servant de phénolphtaléine comme indicateur.

— C'est l'alcalinité que, pour notre part, nous avons adoptée en déterminant, avant d'ajouter notre lessive de soude, l'acidité naturelle du milieu au moyen de Soude décime.

CHOIX DE LA PEPTONÉ. — La Peptone utilisée ne doit pas être quelconque : il en est qui,ensemencée avec le B. Coli, ne donne pas d'Indol, tandis que d'autre, simplement mise en solution à l'étuve pendant quelques jours, donne avec le Nitrite de soude et l'Acide sulfurique une coloration rose.

Il semble résulter des essais effectués par divers auteurs, qu'il faut s'adresser de préférence aux Peptones pancréatiques. Elles peuvent être infidèles comme les autres et il est plus sage de les essayer en les soumettant à l'épreuve suivante, conseillée par M. GRIMBERT. (Journal de Pharmacie et de Chimie. Novembre 1903. Page 416) :

Une solution à 2/100 dans l'eau distillée, neutralisée et stérilisée

sera ensemencée avec un Bacille Coli type et portée à l'étuve à 37°. Après 48 heures, la culture additionnée, pour 10 cm³, de 10 gouttes de solution de Nitrite de potasse à 0 gr. 020 p. 100 et de 30 gouttes d'Acide sulfurique concentré et pur, devra donner une coloration rouge-groseille intense (réaction de l'Indol).

C'est en raison de cette variation de composition chimique des Peptones suivant leur origine que, pour éviter les résultats inconsistants obtenus avec les milieux peptonés, certains Bactériologistes en ont proposé de chimiquement définis. Tel est celui de Hugo ZIPPEL, à base de TRYPTOPHANE :

<i>Tryptophane</i>	0,3 grammes
<i>Lactate d'ammonium</i>	5 grammes
<i>Phosphate de potasse</i>	5 grammes
<i>Phosphate de magnésie</i>	0 gramme 30

D'après l'auteur, les recherches effectuées avec ce milieu sont toujours probantes et la réaction de l'Indol avec la Para-Diméthylamidobenzaldéhyde devient un caractère différentiel sûr.

GÉLATINE. — *Il faut adopter une Gélatine qui, en solution à 10 0/0 dans l'eau, donne un milieu solide à 24 degrés après avoir été chauffé à 115° pendant 15 minutes. (Grimbert).*

La température à laquelle les plaques ensemencées doivent être laissées pourrait être fixée, à 20° par exemple, au lieu d'adopter comme température « celle du Laboratoire » qui varie suivant les saisons et les diverses heures de la journée.

MILIEU D'ELSNER. — Prendre 500 grammes de pulpe de pommes de terre ; les faire macérer dans un litre d'eau pendant 24 heures. Passer à travers un linge.

Le liquide est divisé en deux parties : dans l'une on fait dissoudre 150 gr. de gélatine ; l'autre est neutralisée par la soude. Mélanger. Stériliser à 115°. Filtrer dans un ballon de 1 litre renfermant 10 gr. d'iode de potassium dissous dans un peu d'eau. Compléter ; répartir en tubes ; stériliser à 105° deux fois, à 24 heures d'intervalle.

MILIEU DE CHANTEMESSE. — Gélose lactosée, tournesolée, phéniquée, à 1 pour mille d'acide phénique neigeux.

MILIEU D'EIJKMAN. — Faites dissoudre dans un litre de bouillon 10

grammes de peptone, 10 grammes de glucose et 5 grammes de sel marin.

MILIEU DE SAVAGE. — Faites dissoudre dans un litre de bouillon 20 grammes de peptone, 20 grammes de sel marin et 5 grammes de glucose. Ajoutez 5 cc. de rouge neutre à 5 0/0.

MILIEU DE GRIMBERT. — Dans une capsule porcelaine faites dissoudre :

Hydrate de carbone	2 grammes
Peptone sèche	0 gramme 50
Eau distillée	100 centimètres cubes.

Portez à l'ébullition et ajoutez une petite quantité de carbonate de chaux pur, bien exempt de carbonate de soude ; au bout de cinq minutes, filtrez et assurez-vous que le milieu a une réaction neutre. Répartissez-le dans des tubes à essai que vous stériliserez à l'autoclave à 110° pendant 10 minutes. Après refroidissement, ajoutez dans chaque tube un centimètre cube de teinture de tournesol préalablement stérilisée. Cette teinture doit posséder une couleur violacée, intermédiaire entre le rouge et le bleu, virant facilement sous l'influence de la moindre trace d'acide ou d'alcali.

Portez les tubes ainsi préparés à l'étuve à 37° où vous les laisserez en observation pendant 24 heures ; ils ne devront pas changer de teinte.

Pour certains sucres facilement attaquables par les alcalis (même par le carbonate de chaux), à la température de l'autoclave (glucose, lactose), il est préférable de stériliser la solution neutralisée au carbonate de chaux, par filtration à travers une bougie de porcelaine (Besson, page 457).

MILIEU DE VINCENT (pour anaérobies) :

Gélatine	100 à 200 grammes
Glucose	10 grammes
Chlorure de sodium	5 grammes
Glycérine	5 grammes
Eau	100 grammes

Stériliser, répartir en tubes. Au moment de l'emploi, porter le milieu à l'ébullition pour chasser l'air, ajouter un peu de sulfo-indigotate de soude préalablement stérilisé.

ANALYSE PROPREMENT DITE :

NUMÉRATION DES AÉROBIES. — Nous la pratiquons sur la gélatine, liquéfiée à une température d'environ 30°, à l'étuve par exemple, ou dans de l'eau tiède. Nous introduisons dans nos boîtes de Pétri des volumes d'eau variables avec la qualité présumée de l'eau : c'est ainsi que pour l'eau stérilisée par l'Ozone nous opérons sur 1 ou 2 cent. cubes, pour les eaux de Kereven et de Kerguillette, sur des fractions de centimètre cube.

(Nous préférons opérer ainsi plutôt que de faire des dilutions en bouillon ou en eau distillée stérilisée, estimant que pour éviter les contaminations, il faut le plus possible supprimer les manipulations) Nous coulons ensuite notre gélatine fondue après avoir soigneusement flambé le goulot des tubes. Nous la mélangeons intimement avec l'eau, puis laissons refroidir.

Les boîtes de Pétri, enveloppées de papier pour éviter les contaminations extérieures, particulièrement celles des moisissures, sont placées dans une armoire à la température de 20° environ.

Nous procédons à la numération des germes au bout du quinzième jour. Si les plaques sont menacées de liquéfaction, nous les énumérons en spécifiant la date de la numération.

Nous préférons cette manière de numérer à celle qui consiste à multiplier le nombre de germes trouvé à un jour déterminé par un coefficient donnant très problématiquement le nombre de germes qui se seraient développés au quinzième jour. Il suffit, pour se rendre compte du peu de valeur de cette méthode de comparer les coefficients ci-dessous établis par trois Praticiens dont les noms font également autorité en Bactériologie.

	ROSSI :	VINCENT :	MIQUEL :
	sur 100 germes ne sont pas apparus	on multipliera le chiffre trouvé en cultures à 16°-18° par :	on multipliera le chiffre trouvé en cultures à 20° par :
Au 1 ^{er} jour.....	99	»	50
Au 2 ^o	85	19,6	7,353
Au 3 ^o	76	8,82	3,937
Au 4 ^o	65	5,61	2,584
Au 5 ^o	53	3,86	1,887

	ROSSI :	VINCENT :	MIQUEL :
	sur 100 germes ne sont pas apparus	on multipliera le chiffre trouvé en cultures à 16°-18° par :	on multipliera le chiffre trouvé en cultures à 20° par :
Au 6°	40	3,05	1,570
Au 7°	30	2,40	1,370
Au 8°	21	1,82	1,282
Au 9°	14	1,52	1,224
Au 10°	9	1,33	1,164
Au 11°	4	1,19	1,121
Au 12°	3	1,10	1,086
Au 13°	2	1,06	1,052
Au 14°	0	1,04	1,024
Au 15°	0	1	1

(Dopter et Sacquépée — Précis de Bactériologie).

NUMÉRATION DES ANAÉROBIES. — Nous pratiquons cette recherche par la méthode de VINCENT, et au moyen d'un tube de Vignal, ou plus simplement d'un tube ordinaire que nous effilons à l'une des extrémités, que nous étirons à l'autre, de façon à obtenir un étranglement. Nous plongeons la pointe effilée dans le milieu (voir aux milieux de cultures), ensemencé au préalable avec l'eau à analyser. Après solidification, nous fermons les deux extrémités à la lampe, laissons le tube à la température du laboratoire.

En raison de la prépondérance des germes anaérobies dans la flore intestinale, la détermination de l'*Indice anaérobique* (rapport du nombre d'anaérobies à celui des aérobies) peut aider à déceler la nature du contagé. Ce rapport est d'ordinaire très inférieur à l'unité.

SPECIFICATION — EXPERIMENTATION PHYSIOLOGIQUE.

Recherche des espèces pathogènes, en particulier du Coli-Bacille (Bacille d'Escherich) et du Bacille d'Eberth :

a) EXAMEN DES PLAQUES DE PÉTRI. — Un simple coup d'œil sur les plaques de Pétri permet, avec un peu d'habitude, de reconnaître par leur forme, leur coloration, leur pouvoir liquéfiant, leur fluorescence, un certain nombre de colonies. Malheureusement, ce ne sont guère que des espèces banales ou simplement suspectes que l'on peut reconnaître ainsi.

Pour identifier les autres espèces, il convient de noter ces mêmes caractères, puis de se rendre compte de la mobilité ou immobilité du germe par examen en gouttelette suspendue. Enfin, on examine avec coloration, on fait un Gram.

Quand ces moyens rapides n'ont pas permis d'identifier la colonie, on fait desensemencements sur les milieux de culture habituels : bouillon, gélatine, gélose, pomme de terre, artichauts, etc...

b) CULTURES EN BOUILLONS. — Nous faisons trois bouillons :

un bouillon ordinaire ;

un petit et un grand bouillon phéniqués.

Bouillon ordinaire. — 10 cc. de bouillon additionnés de 10 cc. d'eau sont placés à l'étuve à 35° en vue de la recherche du Bacille Pyocyanique et des espèces pathogènes. Après quatre jours d'étuve, nous pratiquons des injections intra-péritonales de 0 cc. 30 à 0 cc. 50 pour 100 du poids d'un cobaye. Si l'animal succombe, nous recherchons les germes pathogènes dans les sérosités et divers organes, particulièrement le sang du cœur où l'on retrouve le Bacille Pyocyanique et le Bacille du Charbon.

Bouillons phéniqués. — Cette méthode a pour but la recherche du Bacillus Coli et sa numération, la recherche du Bacille d'Eberth, des bacilles Parathyphiques, du Bacille Dysentérique.

Elle est basée sur ce fait qu'à l'inverse de la plupart des germes pathogènes, ces espèces se développent facilement dans un milieu phéniqué au millième et à une température de 41°5, supérieure à la température généralement optima de 37°.

Nous faisons deux bouillons phéniqués au millième au moyen d'une solution d'acide phénique à 5 pour 100 :

l'un avec 10 cc. de bouillon et 25 cc. d'eau ;

l'autre avec 100 cc. de bouillon et 100 cc. d'eau.

Nous les plaçons pendant 48 heures, à l'étuve à 41°5. Au bout de ce temps, nous notons la couleur, l'odeur, la limpidité du bouillon, constatons s'il s'est formé un voile ou non. Puis nous procédons à la *recherche du Coli*, par piqûre des bouillons sur gélose lactosée et tournesolée ou de préférence par ensemencement sur milieu de GRIMBERT. On sait, en effet, que le Coli-Bacille possède à un haut degré la propriété de faire fermenter les sucres. Les milieuxensemencés sont placés à l'étuve à 37°. S'il y a du Coli, il se forme aux dépens du Lactose, de l'acide lactique qui rougit le tournesol et de l'acide carbonique dont le dégagement provoque la désagrégation de la gélose.

Avec ces mêmes bouillons phéniqués, nous ensemençons des *eaux peptonées* (utiliser une peptone donnant bien la réaction de l'Indol avec le Coli). Nous les plaçons à l'étuve à 37° et six jours après, nous recherchons la production de l'Indol au moyen de la coloration rouge que donne avec ce pigment, le nitrite de soude, en milieu sulfurique. Nous faisons cette recherche en ajoutant dans le tube d'eau peptonée quatre gouttes d'une solution de nitrite de soude à 2 grammes par litre, puis 1 cent. cube d'acide sulfurique pur.

— On peut également caractériser la présence de l'Indol par la méthode suivante, qui paraît plus nette, plus fidèle :

Agiter l'eau peptonée avec son volume d'éther ; décanter cet éther ; l'additionner de quelques gouttes de solution alcoolique à 2 0/0 de paradiméthylamidobenzol et de quelques gouttes d'acide chlorhydrique. Le réactif se sépare au fond du tube en prenant une coloration violette.

Quand ces deux recherches du pouvoir fermentatif et de production de l'Indol sont positives, on peut affirmer, presque à coup sûr, la présence du Coli.

Pour l'isoler, et avec lui le Bacille d'Eberth si possible, on pratique desensemencements sur milieu d'Elsner (en boîtes de Pétri, 10 cc. d'eau peptonée sontensemencés avec une goutte des bouillons phéniqués, on agite et avec une goutte de ce mélange onensemence les 10 cc. de milieu d'Elsner). Les plaques sont alors placées à une température de 20° environ. Au bout de huit jours on prélève les colonies d'aspect éberthiforme (bords déchiquetés, nervures), qui ont pu se développer, on lesensemence en gélose tournesolée, recherche la production d'indol, le pouvoir agglutinatif dans les cultures de 24 heures, additionnées de sérum antityphique, paratyphique ou dyssentérique.

NUMÉRATION DU BACILLUS-COLI. — Lorsqu'on suspecte les eaux examinées de contenir un grand nombre de Bacilles-Coli, on procède à leur numération par le procédé VINCENT ou encore le procédé de GAUTIER, qui permet d'opérer à la température de 37°.

Disons de suite que cette numération d'une part, l'analyse chimique d'autre part, sont aujourd'hui jugées nécessaires par tous les Bactériologistes si l'on veut se faire une opinion sur « la signification de la présence du Bacille-Coli dans les eaux examinées. » On se base en général sur les estimations proposées par Vincent :

(Dopter et Sacquépée. Précis de Bactériologie) :

10.000 à 50.000 Bacilles Coli par litre :

Eau profondément souillée par les matières fécales, dangereuse pour la boisson (eau d'égout, de rivière).

1.000 à 10.000 Bacilles Coli par litre :

Eau mauvaise ou très mauvaise. Impropre à la boisson (eau de rivière, de puits contaminé, etc...).

100 à 1000 Bacilles Coli par litre :

Eau suspecte, tantôt en période d'infection légère, tantôt au début ou au déclin d'une contamination plus grande.

50 à 100 Bacilles Coli par litre :

Eau passable ou médiocre. A surveiller.

10 à 50 Bacilles Coli par litre :

Eau d'assez bonne ou de bonne qualité.

0 Bacille Coli par litre :

Eau pure ou très pure.

Procédé de H. Vincent. — Culture en milieu phéniqué à 41°5.

En milieu phéniqué, à température relativement élevée, le Coli-Bacille se développe mieux et plus vite que les autres germes.

1° On ensemence l'eau à doses croissantes.

a) Dans cinq tubes, on verse 10 centimètres cubes d'eau peptonée à 1 gr./100 et salée à 0 gr. 5/100 ; à chacun des tubes on ajoute l'eau en expertise à dose respective de 0 cc. 05, 0.10, 0.25, 0.50 et 1 centimètre cube.

b) Dans deux autres tubes renfermant 20 centimètres cubes d'eau peptonée salée, on ensemence respectivement 2 centimètres cubes et 5 centimètres cubes.

c) Dans cinq ballons, on verse l'eau à analyser à dose de 10 centimètres cubes, 20 cent. cubes, 50 cent. cubes, 100 cent. cubes et 200 cent. cubes.

On ajoute à chaque ballon la solution suivante, stérilisée, mais non filtrée :

Peptone	50 grammes
Sel Marin	25 —
Eau	100 —

à dose telle que la culture renferme 1/1000 de peptone ; par exemple, 2 cc. de la solution pour 100 cc. d'eau à analyser.

2° A chaque tube ou ballon, on ajoute de l'acide phénique, en proportion de 0,85 p. 100.

(On obtient très simplement cette proportion en ajoutant, pour 2 cc. du mélange, une goutte au trentième de solution phéniquée à 5 p. 100).

3° Après avoir mélangé bien exactement, on porte à l'étuve à 41°5. Au bout de quatorze à seize heures, on examine les cultures.

Si le Bacille Coli s'est développé, il existe un trouble net et uniforme. Quelques microbes peuvent se développer dans le même temps, mais sous un autre aspect : trouble léger (Streptocoque court, Bacille immobile liquéfiant la gélatine) ; trouble léger avec voile (bacillus subtilis, bacillus mesentericus).

On réensemence alors à nouveau le liquide trouble en bouillon phéniqué ; au besoin, on procède à un troisième passage. Au bout de 4 à 5 heures, même si la culture du 2° ou 3° passage est demeurée limpide, on la repique sur bouillon simple, bouillon lactosé carbonaté, bouillon au rouge neutre, lait tournesolé.

La culture en bouillon simple apparaît dès quatre à cinq heures ; on la réensemence sur pomme de terre, agar et gélatine.

On complète enfin l'identification du microbe par l'examen microscopique (forme, coloration, réaction de Gram, mobilité, cils), et par la recherche de l'Indol.

4° Ce procédé permet de dénombrer facilement le Coli-Bacille. Si, par exemple, on trouve du Coli-Bacille dans les récipients ensemencés avec 0 cc. 5 et plus, sans en trouver dans les tubes ensemencés avec moins de 0 cc. 5, on en conclut que l'eau renferme 2.000 Coli-Bacilles par litre. (Dopter et Sacquépée).

Procédé de Gautié. — Le procédé de Gautié permet d'opérer à la

température de 37° en employant des milieux phéniqués à un millième. Cette méthode a l'avantage de ne pas être obligé d'avoir une étuve réglée à 41°. On peut la simplifier en réduisant le nombre desensemencements à 5 séries portant sur 100 cm³, 50, 10, 1 cm³ et une goutte d'eau, bien suffisants dans la pratique pour apprécier la teneur d'une eau en Bacilles Coli.

On commence par verser dans des matras ou des tubes à essai stérilisés une quantité déterminée de bouillon peptonisé, également stérilisé, et la dose nécessaire de solution phéniquée à 1 p. 100 pour que le milieu renferme 1 p. 100 de phénol après addition de l'eau à examiner. Les prises, égales ou inférieures à 1 cm³, sont ensemencées dans des tubes à essai renfermant 10 cm³ de bouillon dilué au cinquième (bouillon 1, eau 4) et 1 cm³ de solution phéniquée.

Le tableau suivant résume lesensemencements à effectuer :

Récipients contenant chacun :	Eau	Bouillon peptoné	Solution phéni- quée à 1 p.100
2 matras	100 cc.	20 cc.	10 cc.
2 matras	50 cc.	10 cc.	5 cc.
2 tubes à essai	10 cc.	2 cc.	1 cc.
2 —	2 cc.	10 cc. (dilué)	1 cc.
2 —	1 goutte	1 cc. (dilué)	1 cc.

Tous ces échantillons sont mis à l'étuve à 36-37°. Si aucun trouble ne se produit, c'est que l'eau ne renfermait pas de Coli-Bacille ou qu'elle renfermait moins d'une unité par 100 cm³. Si le trouble se manifeste dans un des tubes ou dans un ballon, on ensemence, à l'aide d'une anse de platine, une trace de la culture dans un tube de bouillon ordinaire A et dans un tube de bouillon dilué phéniqué au millième B, constituant un deuxième passage en milieu phéniqué.

Le tube de bouillon ordinaire A ayant lui-même donné une culture, on s'en sert pour ensemencer une ou deux plaques de gélatine destinées à isoler le Bacille-Coli des espèces qui l'accompagnent presque toujours, et souvent ce premier passage en milieu phéniqué suffit pour obtenir un résultat positif.

Mais c'est parce que cette manipulation demande toujours plusieurs jours et qu'on n'en peut prévoir d'avance le résultat qu'on a eu soin d'ensemencer le tube de bouillon phéniqué B. Celui-ci est laissé à l'étuve pendant six heures, après quoi, qu'il y ait trouble ou non, on prélève une goutte de son contenu qu'on porte dans un tube de bouillon neuf destiné également, après culture, à la préparation des plaques de gélatine s'il en est besoin.

Le Bacille Coli est soumis ensuite aux épreuves d'identité habituelle. (A. Gautié — Sur la détermination quantitative du Coli-Bacille dans les Eaux d'alimentation. Ann. Inst. Pasteur, t. XIX, page 124, 1905).

PROCÉDÉ SAVAGE-LACOMME. — Nous ne citerons que pour mémoire le procédé de *Savage*, basé sur la réduction du rouge neutre,

et celui de *Lacomme*, combinaison des procédés d'*Eijkman* et *Savage*.

RECHERCHE DES MICROBES PATHOGÈNES :

Bacille Typhique. — Pour essayer de le mettre en évidence, on se sert en général du milieu d'*Elsner*.

M. GRIMBERT attribue les insuccès de la méthode d'ELSNER à l'inconstance du milieu employé (variation de composition chimique de la pomme de terre) et à l'indétermination de son degré d'acidité. L'addition d'iodure de potassium n'est d'ailleurs pas indispensable. A la condition de maintenir une acidité telle que 10 centimètres cubes du milieu soient neutralisés par 4 à 5 centimètres cubes d'eau de chaux, on peut utiliser simplement la gélatine ordinaire au bouillon de viande. Il préfère employer un milieu de composition chimique constante, préparé ainsi qu'il suit :

Dissoudre dans 1.000 centimètres cubes d'eau :

Maltose	1 gr.	Sulfate de potasse	2 gr.
Amidon soluble	2 gr.	Sulfate de magnésie	2 gr.
Asparagine	2 gr.	Bimalate d'ammoniaque.	2 gr.
Phosphate neutre de po-		Carbonate de magnésie..	2 gr.
tasse	2 gr.		

Dans le mélange, dissoudre 15 p. 100 de gélatine. Clarifier au blanc d'œuf, chauffer à 115°, filtrer. Essayer la réaction.

Au moment du besoin, le milieu peut être additionné de 1 0/0 d'iodure ou de bromure de potassium. (Besson, p. 457).

— On peut aussi le rechercher sur milieu d'ENDO ou de CHANTEMESSE (les colonies du *Coli* sont rouges, celles de l'EBERTH, sont incolores).

Nombre d'autres méthodes ont été indiquées ; nous ne pouvons les envisager ici : concentration préalable de l'eau, soit par précipitation (procédé VALLET, FICKER, MULLER), soit par dépôt sur bougie filtrante, soit par agglutination (procédés CHANTEMESSE, WINDELBANDT, ALSTCHULLER), ou séparation basée sur la mobilité (procédé CAMBIER), ou enrichissement dans un milieu électif (procédé FICKER et HOFMANN).

A la vérité, il faut bien avouer que la caractérisation du *Bacille Typhique* dans les eaux est particulièrement difficile, pour ne pas dire illusoire, même dans les eaux notoirement typhiques, et cela pour plusieurs raisons :

1° Cette recherche se pratique ordinairement lorsqu'une épidémie de fièvre typhoïde a été constatée. Or, il arrive que l'eau n'est examinée qu'un certain temps après que l'épidémie a éclaté et le Bacille dont la vitalité dans l'eau n'est pas de longue durée a le plus souvent disparu.

2° Comme sa présence dans l'eau provient généralement d'une contamination par les matières fécales, elle est concomittante de celle du Bacille Coli qui, en raison de sa plus grande vitalité, de ses caractères similaires, rend sa caractérisation fort problématique.

GRIMBERT a démontré, d'autre part, que, quand on ensemece un mélange de *Bactérium Coli* et de Bacille d'Eberth, le plus souvent le développement du premier empêche celui du second, et ce dernier microbe passe inaperçu ; il y a une véritable action empêchante.

En résumé, au lieu de perdre son temps à rechercher dans une eau le Bacille Typhique, pour ainsi dire insaisissable, on devra porter toute son attention sur la numération du Bacille Coli. Cette numération renseignera sur la nature de la pollution, surtout si on y joint la recherche des anaérobies et des bacilles de la putréfaction.

RECHERCHE DU BACILLE PYOCYANIQUE. — On le recherche dans le bouillon ordinaire ; il lui communique une coloration verte, parfois une fluorescence seulement, par production d'un pigment, la pyocyanine, bleue en milieu alcalin, rouge en milieu acide, et qui a été particulièrement bien étudié par Gessard (De la Pyocyanine et de son Microbe).

Avec ce bouillon resté 48 heures à l'étuve, on ensemece de l'eau peptonée et salée, qu'on place à l'étuve 3 ou 4 jours et on recherche la Pyocyanine par la réaction de Fordos : on neutralise le milieu avec une goutte ou deux d'ammoniaque et on ajoute un peu de chloroforme qui se colore en bleu en présence de pyocyanine.

On peut parfois la caractériser par son odeur éthérée, ptomaïnique, rappelant celle de l'aubépine, mais le fait est très rare, car elle est masquée par la mauvaise odeur du milieu.

Le moyen rationnel de rechercher ce bacille consiste à injecter un cobaye avec le bouillon ordinaire ; si l'animal périt, on ensemece de l'eau peptonée avec quelques gouttes du sang du cœur ; on met quelques jours à l'étuve et on recherche la pyocyanine comme ci-dessus.

Telles sont les espèces pathogènes, qu'avec le staphylocoque

(injection au cobaye), et le streptocoque (scarification au lapin), nous nous appliquons à rechercher dans les eaux que nous avons l'occasion d'examiner.

Dans certains cas, on peut être amené à rechercher d'autres espèces :

LA BACTÉRIDIE CHARBONNEUSE : (injection au cobaye et examen direct du sang du cœur) ;

LE VIBRION CHOLÉRIQUE : (sur milieu de Metchnikoff) ;

LES BACILLES DE LA DIPHTÉRIE, TUBERCULOSE : (injection au cobaye) etc...

(Il faudrait tout un ouvrage pour en exposer les modes de recherche qu'on trouvera dans les ouvrages spéciaux (Ogier et Bonjean, Miquel, Roux, etc...).

Contrôle de la marche de l'installation électrique du Petit-Paradis et Analyses Bactériologiques de l'eau traitée

DATES	Air ozone à l'heure (en m3)	Concentr. d'Ozone par litre d'air (en mmgr.)	Poids total d'Ozone par heure (en gr.)	Nombre de mètres cubes d'eau par heure	Concentr. d'Ozone par mètre cube d'eau (en gr.)	Puissance absorbée en Kwatts	Sulfate d'Alumine par litre (en mmgr.)	C olonies par centimètre cubes d'eau
1913								
16 sept.	70	4.9	343	210	1.63	9.5	25	7
30 sept.	207	3	621	390	1.5	9.5	30	4
17 oct.	188	2	366	420	0.8	9.5	32	6
18 oct.	174	2.2	389	416	0.9	»	35	2
22 oct.	132	1.9	202	398	0.6	»	35	5
23 oct.	70	3.1	212	416	0.5	»	35	12
24 oct.	172	2.1	361	432	0.8	»	35	5
25 oct.	172	1.57	270	420	0.6	»	35	5
17 nov.	155	2.5	387	423	0.9	»	25	4
20 nov.	115	1.8	207	420	0.49	»	20	7
10 déc.	96	2.3	220	420	0.5	»	15	5
1914								
15 janv.	110	2	220	435	0.5	»	11	6
23 janv.	95.8	2.2	210	435	0.48	»	11	1
30 janv.	—	—	—	—	—	—	11	5
18 fév.	142	2.3	326	450	0.7	9.5	13	2
24 fév.	135	2.2	297	430	0.69	9.5	13	2
12 mars	101	2.1	312	412	0.7	9.5	15	4
2 avril	110	2.2	242	437	0.55	9.5	15	6
6 avril	110	2	220	440	0.5	9.5	15	6
15 avril	110	2	220	440	0.5	9.5	15	2
22 avril	110	2	225	425	0.49	9.5	15	5
26 avril	110	2	220	440	0.5	9.5	25	5
22 avril	110	2	220	440	0.5	9.5	15	2
6 mai	110	2	220	425	0.49	9.5	15	5
15 avril	—	—	—	—	—	—	15	8
22 mai	135	2.1	283.5	420	0.67	9.5	15	6

Analyses Bactériologiques comparées. -- Brutes, Filtrées, Ozonées

LIEU DU PRELEVEMENT	Kereven	Kerguillette	Filtrée	Ozonée	Kereven	Kerguillette	Filtrée	Ozonée
Date	16 sept. 1913	16 sept. 1913	16 sept. 1913	16 sept. 1913	17 Oct. 1913	17 Oct. 1913	17 Oct. 1913	17 Oct. 1913
Température ambiante	15	15	15	15	14	14	14	14
Température de l'eau.....	13	13	14	14	11	11.5	12	12.8

ANALYSE QUANTITATIVE

Bactéries par cc. d'eau.....	4720	2087	212	7	1015	685	421	6
Moisissures id.	62	54	12	néant	54	23	18	3

ANALYSE QUALITATIVE

Bactéries putrides ...	positive	présence	présence	néant	présence	présence	présence	néant
Recherche du Coli-Bacille	présence	positive	négative	négative	au moins 7.000 p. litre	au moins 2.000 p. litre	négative	négative
Anaérobies	—	—	—	—	—	—	néant	néant

CONCLUSIONS DE L'ANALYSE

Eau très mauvaise	Eau très mauvaise	Eau	Eau	Eau très bonne	Eau très mauvaise	Eau très mauvaise	Eau médiocre	Eau très bonne
-------------------	-------------------	-----	-----	----------------	-------------------	-------------------	--------------	----------------

Analyses Bactériologiques comparées. -- Brutes, Filtrées, Ozonées

LIEU DU PRELEVEMENT	Kereven	Kerguillette	Filtrée	Ozonée	Filtrée	Ozonée	Filtrée	Ozonée
Date	18 oct. 1913	18 oct. 1913	18 oct. 1913	18 oct. 1913	22 oct. 1913	22 oct. 1913	23 oct. 1913	23 oct. 1913
Température ambiante	13	13	13	13	16	16	11	11
Température de l'eau	11.5	11.2	13.2	12.8	14	14	13	13

ANALYSE QUANTITATIVE

Bactéries par cc. d'eau	Incomptables	640	44	2	liquéfaction dès le 27 oct.	5	liquéfaction	12
Moisissures id.	—	52	16	10		2	—	0

ANALYSE QUALITATIVE

Bactéries putrides	présence au moins 1.000 p. litre	présence au moins 200 p. litre	présence	néant	présence	néant	présence	néant
Recherche du Coli-Facile.			néga-tive	néga-tive	néga-tive	néga-tive	positive	néant
Anaérobies	—	—	néant	néant	néant	néant	néant	néant

CONCLUSIONS DE L'ANALYSE

Eau très mauvaise	Eau très mauvaise	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau
		suspecte	suspecte	très bonne	suspecte	très bonne	mauvaise	très bonne

Analyses Bactériologiques comparées. -- Brutes, Filtrées, Ozonées

LIEU DU PRELEVEMENT	Filtrée	Ozonée	Filtrée	Ozonée	Kereven	Kerguillette	Filtrée	Ozonée
Date	24 oct. 1913	24 oct. 1913	25 oct. 1913	25 oct. 1913	17 nov. 1913	17 nov. 1913	17 nov. 1913	17 nov. 1913
Température ambiante					11	11	11	11
Température de l'eau.....					13	13	14	14

ANALYSE QUANTITATIVE

Bactéries par cc. d'eau.....	80	5	88	5	6510	5897	78	4
Moisissures id.	15	néant	12	2	15	25	3	néant

ANALYSE QUALITATIVE

Bactéries putrides ...	présence	néant	présence	néant	positive	positive	néant	néant
Recherche du Coli-Bacille ..	négative	négative	positive	négative	présence	présence	négative	négative
Anaérobies	néant	néant	néant	néant	3	4	néant	néant

CONCLUSIONS DE L'ANALYSE

Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau très	Eau très	Eau	Eau
passable	très bonne	tr. médiocre	très bonne	très bonne	mauvaise	mauvaise	bonne	très bonne

Analyses Bactériologiques comparées. -- Brutes, Filtrées, Ozonées

LIEU DU PRELEVEMENT	Kereven	Kerguillette	Filtrée	Ozonée	Kereven	Kerguillette	Filtrée	Ozonée
Date	10 déc. 1913	10 déc. 1913	10 déc. 1913	10 déc. 1913	23 janv. 1914	23 janv. 1914	23 janv. 1914	23 janv. 1914
Température ambiante	13	13	13	13	3.5	3.5	3.5	3.5
Température de l'eau.....	11	11	11.8	12	7.	9	8	7

ANALYSE QUANTITATIVE

Bactéries par cc. d'eau.....	13.015	9.820	92	5	300	306	74	1
Moisissures id.	72	51	7	néant	16	7	néant	néant

ANALYSE QUALITATIVE

Bactéries putrides	présence	présence	présence	néant	présence	présence	néant	néant
Recherche du Coli-Bacille.	au moins 2.000 p. litre	au moins 1.000 p. litre	néga-tive	néga-tive	néga-tive	néga-tive	néga-tive	néga-tive
Anaérobies	néant	2	néant	néant	—	—	—	—

CONCLUSIONS DE L'ANALYSE

Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau
tr. mauvaise	tr. mauvaise	tr. médiocre	très bonne	très bonne	très bonne	très bonne	bonne	très bonne

Analyses Bactériologiques comparées. -- Brutes, Filtrées, Ozonées

LIEU DU PRELEVEMENT	Kereven	Kerguillette	Filtrée	Ozonée	Kereven	Kerguillette	Filtrée	Ozonée
Date	11 fév. 1914	11 fév. 1914	11 fév. 1914	11 fév. 1914	12 mars 1914	12 mars 1914	12 mars 1914	12 mars 1914
Température ambiante	8	8.5	8	8	13	13	13	13
Température de l'eau.....	8.1	8	9	10	12	12	12	11

ANALYSE QUANTITATIVE

Bactéries par cc. d'eau.....	1010	1576	39	6	2752	1826	47	5
Moisissures id.	0	16	1	1	22	15	3	1

ANALYSE QUALITATIVE

Bactéries putrides	présence au moins 1.000 p. litre	présence au moins 1 000 p. litre	présence négative	néant	présence au moins 5.000 p. litre	présence au moins 2 000 p. litre.	néant	néant
Recherche du Coli-Bactérie	1.000 p. litre	1 000 p. litre	négative	négative	5.000 p. litre	2 000 p. litre.	négative	négative
Anaérobies	néant	néant	néant	néant	1	3	néant	néant

CONCLUSIONS DE L'ANALYSE

Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau
mauvaise	mauvaise	mauvaise	médiocre	tr. bonne	tr. mauvaise	tr. mauvaise	passable	très bonne

Analyses Bactériologiques comparées. -- Brutes, Filtrées, Ozonées

LIEU DU PRELEVEMENT	Kereven	Kerguillette	Filtrée (4 sur 5, 5 sur 5)	Ozonée	Kereven	Kerguillette	Filtrée	Ozonée
Date	2 avril 1914	2 avril 1914	2 avril 1914	2 avril 1914	22 mai 1914	22 mai 1914	22 mai 1914	22 mai 1914
Température ambiante	13.5	13.5	13.5	13.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Température de l'eau	12	11.5	12	12.5	11	11	12	12

ANALYSE QUANTITATIVE

Bactéries par cc. d'eau.....	5.020	3.222	89	5	8002	6849	125	6
Moississures id.	26	32	6	néant	---	---	---	---

ANALYSE QUALITATIVE

Bactéries putrides	présence	présence	présence	néant	présence	présence	présence	néant
Recherche du Coli-Bacille.	au moins 10.000 p. lit.	au moins 10.000 p. lit.	positive	négative	positive	positive	positive	négative
Anaérobies	---	---	---	---	4	3	néant	néant

CONCLUSIONS DE L'ANALYSE

	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau
	tr. mauvais	tr. mauvaise	tr. médiocre	très bonne	tr. mauvaise	tr. mauvais	tr. mauvaise	très bonne

Analyses Bactériologiques comparées. -- Brutes, Filtrées, Ozonées

LIEU DU PRELEVEMENT	Ecole prim ^{re} sup. de filles 20 nov. 1913	Ecole prim ^{re} s. de garçons 20 nov. 1913	Mairie 20 nov. 1913	Hospice 20 nov. 1913	Kerentrech 24 fév. 1914	Pl. Bisson 24 fév. 1914	Ecole prim ^{re} sup. de filles 24 fév. 1914	Fourneau éc. de Merv. 24 fév. 1914
Date								
Température ambiante	10.2	12.5	10.9	11.6	10.1	11.5	11.2	9
Température de l'eau	12.9	12.4	12.2	11	10.5	10.5	12.2	9

ANALYSE QUANTITATIVE

Bactéries par cc. d'eau	127	67	47	65	615	728	782	904
Moisissures	4	3	2	1	7	6	9	11

ANALYSE QUALITATIVE

Bactéries putrides	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
Recherche du Coli-Bacille.	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
Anaérobies	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant

CONCLUSIONS DE L'ANALYSE

(1) Eau bonne	(1) Eau bonne	(1) Eau bonne	(1) Eau bonne	(1) Eau bonne	(1) Eau bonne	(1) Eau bonne	(1) Eau bonne	(1) Eau bonne
---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

(1) Nous faisons des réserves sur le nombre de colonies de bactéries. Dans le but de pouvoir faire la numération des germes le plus tard possible, et en raison de la présence connue de liquéfiant dans ces eaux, la gélatine avait été fortement gélifiée. De ce fait, nous avons dû, au moment de couler sur les boîtes de Pétri, la chauffer fortement pour en obtenir la fusion, ce qui a pu provoquer la destruction d'un certain nombre de germes.

Analyses Bactériologiques comparées. -- Brutes, Filtrées, Ozonées

LIEU DU PRELEVEMENT	Kerentrech	PL. St-Louis	Rue Carnot	Merville	Kerentrech	Pl. Bisson	coursCarnel	Merville
Date	30 mars 1914	30 mars 1914	30 mars 1914	30 mars 1914	6 mai 1914	6 mai 1914	6 mai 1914	6 mai 1914
Température ambiante	11.5	11.5	11.5	11.5	12	12	12	12
Température de l'eau.....	10.5	10.5	10	9.5	11	11.2	10.3	10.5

ANALYSE QUANTITATIVE

Bactéries par cc. d'eau.....	522	693	815	700	423	482	573	602
Moisissures id.	13	25	18	9	7	13	15	9

ANALYSE QUALITATIVE

Bactéries putrides	néant	néant	présence	néant	néant	néant	néant	néant
Recherche du Coli-Bacille.	négative	négative	négative	négative	néant	néant	néant	néant
Anaérobies	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant

CONCLUSIONS DE L'ANALYSE

Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau	Eau
de b. qual. de	b. qual. de	b. qual. de	b. qual. de	b. qual. de	b. qual. de	b. qual. de	b. qual. de	b. qual. de

Analyses Bactériologiques comparées. -- Brutes, Filtrées, Ozonées

LIEU DU PRELEVEMENT	Kerentrech	pl. Bisson	Nouv.-Ville	Merville
Date	9 juin 1914	9 juin 1914	9 juin 1914	9 juin 1914
Température ambiante	11.5	11.5	11.5	11.5
Température de l'eau.....	11	11	10.5	10.8

ANALYSE QUANTITATIVE

Bactéries par cc. d'eau.....	1082	974	1102	886
Moisissures id.	16	7	9	23

ANALYSE QUALITATIVE

Bactéries putrides	néant	néant	néant	néant
Recherche du Coli-Bacille.	néant	néant	néant	néant
Anaérobies	néant	néant	néant	néant

CONCLUSIONS DE L'ANALYSE

Eau bonne	Eau bonne	Eau bonne	Eau bonne
-----------	-----------	-----------	-----------

Principaux germes caractérisés au cours de ces Analyses Bactériologiques....

A. -- LIQUEFIANTS :

a. — CHROMOGÈNES

Coccus Aurantiacus.
— *Flavus liquefaciens.*
— *Cremoïdes.*
Sarcina Aurantiaca
Bacillus Flavus.
— *Fluorescens liquefaciens.*
— *Violaceus.*
— *Lividus.*

b. — NON CHROMOGÈNES

Coccus radiatus.
Bac. Mégaterium.
B. Mesentericus
— *Mycoides.*
— *Subtilis.*
— *Termo.*
— *Liquefaciens.*
— *Radiatus.*

B. -- NON LIQUÉFIANTS :

a. — CHROMOGÈNES

Coccus Flavus.
— *Luteus.*
— *Violaceus.*
— *Aquatilis luteus.*
Sarcina citrina.
Bacillus Brunneus.
— *Fluorescens non liquefa-*
— *ciens.*
— *Luteus.*

b. — NON CHROMOGÈNES

Coccus aquatilis.
— *candicans.*
— *candidus.*
— *ureæ.*
Bacillus Coli.
Cladothrix.

Moisissures : *Aspergillus albus*, *Mucor Mucedo* *Penicillium glaucum.*

Interprétation des Résultats

a. *Eaux de Kereven et de Kerguillette.* — Par suite de leur caractère d'eaux de surface, la teneur en germes de ces eaux est abondante et variée. La présence du Coli-Bacille et des Bactéries putrides y est constante. Cependant, il nous est arrivé, en janvier 1914, de ne pas les caractériser. C'était en période de froid très vif, de glace, et les eaux n'étaient pas polluées par les apports habituels. Le taux des matières organiques était tombé à 2 milligrammes. (Ce sont presque constamment des eaux de très mauvaise qualité).

b. *Eau filtrée.* — L'épuration des eaux brutes est déjà très avancée par la coagulation et la filtration. Il n'en est pas moins vrai que l'eau filtrée renferme presque toujours des Bactéries putrides ; parfois du Coli-Bacille, et qu'elle ne remplit pas les conditions à exiger d'une bonne eau d'alimentation.

c. *Eau ozonée.* — Ne renferme plus que quelques germes d'espèces banales, en général des sporulés.

d. *Eau des réservoirs.* — Sont de bonne qualité.

e. *Eaux urbaines.* — Ne renferment plus qu'un nombre variable et peu élevé d'espèces banales. Plus de Coli-Bacille.

E. -- Analyse Micrographique.

Toute analyse complète d'eau doit comprendre non seulement la détermination des caractères et constantes physiques, les analyses chimique et bactériologique, mais aussi l'analyse micrographique.

Nul doute, en effet, que les eaux ne soient très souvent le véhicule d'œufs de parasites, surtout quand elles circulent dans des terrains superficiels ou l'épandage se pratique journellement : les matières fécales peuvent laisser sur le sol des œufs de vers intestinaux qui sont entraînés par les eaux dans lesquelles ils conservent longtemps leur vitalité, s'y développent en donnant des embryons que l'homme est susceptible d'absorber.

N'est-ce pas souvent le mode de transport des Ascarides, des Oxyures, des Toenias, des Distomes et, dans les pays chauds, des Filaires (hématichylurie et elephantiasis des Arabes), de la Bilharzia hematosa dont la larve est si fréquente dans les mares de l'Afrique Orientale, etc... ?

N'a-t-il pas été établi, d'autre part, que ces parasites peuvent être les agents indirects des inoculations typhiques ou éberthiformes ? Les brillants travaux de M. GUIART n'ont-ils pas démontré qu'ils peuvent être les agents d'inoculation des bactéries pathogènes qui arrivent avec l'eau et les aliments dans le tube intestinal ?

Le microbe le plus abondant dans les matières fécales étant le Coli-Bacille, c'est lui qui sera le plus souvent inoculé et ainsi peuvent s'expliquer certaines entérites, certaines inflammations générales ou partielles, et parmi elles, l'appendicite. (M. METCHNIKOFF a montré comment l'Ascaride et le Tricocéphale, en inoculant certaines bactéries au niveau du cœcum et de l'appendice, pouvaient provoquer l'appendicite).

Voici comment M. GUIART s'exprime au sujet de l'inoculation de la Fièvre Typhoïde par action parasitaire, dans le PRÉCIS DE GUIART ET GRIMBERT :

Que l'on considère cette affection produite par le Bacille d'Eberth ou le Coli-Bacille, on ne s'explique guère comment le Bacille peut franchir la barrière que lui offre l'épithélium intestinal pour venir s'implanter dans la muqueuse. D'ailleurs, si le Bacille agissait seul, on ne comprendrait guère pourquoi, dans une population buvant une même eau contaminée, il y a en réalité si peu d'individus frappés. Au contraire, si l'on admet que l'inoculation est faite par l'intermédiaire des parasites intestinaux, les faits s'expliquent facilement. On comprend on ne peut mieux la coïncidence, si frappante autrefois, de la fièvre typhoïde avec les Ascarides et les Tricocéphales. Nous ne devons pas nous étonner si nombreux furent les cas où les anthelminthiques agissaient favorablement dans le traitement de ces affections ; ils agissaient sans doute en empêchant l'auto-inoculation du malade.

Ce qu'il importe de retenir, c'est que la fièvre typhoïde est une maladie infectieuse microbienne, à porte d'entrée intestinale, et que c'est le Tricocéphale qui, dans la plupart des cas, ouvre la porte à l'infection.

— L'étude de la flore, de la faune, peut apporter également des éléments intéressants d'appréciation.

— De toutes ces considérations, il résulte que l'examen micrographique doit compléter les autres modes d'analyses, surtout quand on examine une eau pour la première fois et qu'on a pas d'indication sur son origine.

Nous pratiquons cet examen comme M. BONIEAN l'indique dans *Le Sol et l'Eau*, page 289 :

« On laisse déposer l'eau dans une éprouvette conique, ou en centrifuge une certaine quantité, et avec le dépôt on fait un grand nombre de préparations que l'on examine sous des grossissements moyens. Il est bon de répéter l'examen après avoir abandonné l'eau pendant quelques jours à 20 degrés environ.

« On constate la vitalité, et notamment, la contractilité des œufs, sur des préparations extemporanées, dans une goutte d'eau, sans addition de produits étrangers : on peut ensuite fixer les éléments à l'aide de formol à 10 pour mille, ou avec les vapeurs d'acide osmique provenant d'une solution aqueuse à 1 o/o. On détermine les dimensions au microscope. On observe les formes, la couleur, la structure, etc... »

Il ne suffit pas d'avoir fixé les organismes. Il faut encore, lorsque l'examen ne peut avoir lieu immédiatement, les transporter dans un milieu conservateur antiseptique.

On peut se servir d'eau distillée additionnée de quelques gouttes d'eau phéniquée à 1 o/o ou de liquides conservateurs tels que le liquide de Brun, de Allen, etc...

Les principaux parasites pathogènes que l'on peut rencontrer dans les eaux sont :

Parmi les Cestodes : le *Taenia solium*, le *Taenia echinococcus* (chien), le *Taenia saginata* (bœuf), le *Botriocéphale latus* (poisson d'eau douce) ;

Parmi les Trematodes : les Douves (*distoma hepatica*), les *Bilharzia* ;

Parmi les Nématodes : les *Ascarides* (*A. lumbricoïdes*), les *Oxyures* (*oxyurus vermicularis*), les *Ankylostomes*, les *Filaires*, le *Tricocéphale* ;

Parmi les Protozoaires : les *Amibes*, les *Balanthidia* et le *Nyclothernus faba*.

Il est évident que la faune aquatique ne se limite pas à ces quelques espèces, que le nombre d'espèces banales que les eaux peuvent véhiculer est innombrable et qu'il est inutile de chercher à les énumérer.

Les végétaux microscopiques des eaux sont constitués par des champignons et des algues. Quelques auteurs ont essayé de faire certains rapprochements entre la présence des éléments végétaux qu'elles renfermaient et leur bonne ou mauvaise qualité. Si parfois la présence de certains organismes, algues blanches, par exemple, peut faire présumer de la corruption d'une eau, il faut bien reconnaître que ces cas sont fort rares et que ces présomptions doivent être confirmées par l'examen chimique et bactériologique.

Analyse Micrographique

EAU DE KEREVEN :

Sédiment. — Formé de débris végétaux. Les Diatomées prédominent.

Faune. — Pas d'infusoires.

Rhizopodes. — *Difflogia globulosa* : abondant ;
 Hyalodiscus limax ;
 — *guttula*.
Des poils d'insectes ;
Un œuf de Nématode libre (Anguillule).

Flore. — *Dictyosphaerium eherenbergianum* (Protococcacées) (très abondant).
 Beggiatoa alba (Schizomycètes) ; (peu abondant).
 Une algue verte sphérique (Protococcacées).

Diatomées abondantes :
 Rhaphidium falcatum-corda ;
 Nitzchia linearis, ag. ;
 Navicula oblonga Rab. ;
 Tetracyclus Brauniigrev. ;
 Synedra ulna Ehrs. ;
 Cymbella sp.

(23 Avril 1914).

Analyse Micrographique

EAU DE KERGUILLETTE :

Le *Sédiment* est formé de débris végétaux, mélangés de phycoxanthine, et indéterminables.

Faune. — On y trouve une vraie culture d'infusoires dont beaucoup en conjugaison ; ici prédomine :

Chilodon cucullulus O. Fr. Müll, avec des Colpodes, des Monas, quelques Difflogées et quelques Amœba proteus ; des débris d'un Rotifère (Lepadella), une aile de Culex.

Flore. — Prédominant :

Beggiatoa alba Trev. (Desmobactéries) et des Zooglées microbiennes indéterminées. Ensuite quelques rares exemplaires de :

Oscillatoria tenuis Ag. (Chroococaccées) ;

Ulothrix subtilis Kutz (Confervacées) ;

Nostoc commune ;

Fragillaria sp. (Diatomées) ;

Closterium sp. (Conjuguées).

N.-B. — La prédominance des infusoires est peut-être artificielles et due à ce que, dans le flacon même, les quelques individus primitifs ont pu trouver une alimentation abondante de Beggiatoa et autres Bactériacées, d'où une prolifération rapide. Il faut donc faire quelques réserves à ce sujet.

(23 Avril 1914).

Analyses Micrographiques

1° EAU DE KEREVEN. — Quelques spores végétales.

Quelques fibres végétales.

Quelques radicelles.

De nombreuses Diatomées :

Surirella splendida. *Surirella biseriata*.

Diatoma vulgare. *Diatoma grande*.

Synedra serians. *Sinedra splendens*.

Navicula ambigua. *Navicula viridis*.

Stanromées phoenicenteron.

Pediastrum Selonoea.

Gomphenema acuminatum.

Cocconema lanceolatum.

(28 Mai 1914).

2° EAU DE KERGUILLETTE. — Quelques spores végétales.

Mycélium avec spores.

Fragments d'algue décomposée (très peu).

Quelques Diatomées :

Navicula ambigua

Synedra splendens

Surirella biseriata.

Cette eau ne laisse qu'un très faible dépôt.

(28 Mai 1914).

CHAPITRE III

Action des eaux urbaines sur les Canalisations secondaires en plomb

- a. -- Considérations générales sur l'attaque par
les eaux des conduites en plomb ;
 - b. -- Une observation de Saturnisme ;
 - c. -- Recherche du plomb dans les eaux de
Lorient et résultats obtenus ;
 - d. -- Conclusions.
-

Etude de l'action des eaux urbaines sur les canalisations particulières

a. -- Considérations générales.

L'on peut dire que toutes les eaux attaquent plus ou moins le plomb, surtout quand celui-ci est en contact avec un autre métal. La présence de certains sels, Azotates, Chlorures principalement, favorisent cette action. D'autres, au contraire, la limitent, comme les carbonate et bi-carbonate de chaux.

Les eaux peu minéralisées, pauvres en calcaire surtout, comme les eaux de la région bretonne, possèdent plus particulièrement cette propriété. (Thèse de Ferrier-Vitré).

Or, les eaux qui alimentent Lorient sont précisément *peu minéralisées*, pauvres en carbonate de chaux (16 à 20 milligrammes par litre) ; de plus, avant de pénétrer dans la canalisation urbaine, elles subissent l'action oxydante de l'Ozone.

L'on ne trouve pas, il est vrai, de traces d'Ozone dans les eaux urbaines, mais la proportion d'Oxygène dissous est augmentée et nous nous sommes demandé si cette gazéification par l'air ozoné ne favoriserait pas leur propriété d'attaquer le plomb.

C'est un fait scientifique bien connu, en effet, qu'une eau très pure n'attaque pas ce métal si elle est privée d'Oxygène et qu'elle l'attaque d'autant mieux qu'elle est plus chargée de ce gaz.

La recherche du plomb dans les eaux de Lorient pouvait paraître inutile puisque la conduite d'amenée est en fonte. Mais il faut remarquer que les conduites particulières des eaux aux immeubles sont en plomb ; il faut se rappeler également que le contact immé-

diat de ces conduites avec des robinets en cuivre forme un couple plomb-cuivre qui peut provoquer des phénomènes d'électrolyse des sels dissous, à la faveur desquels le plomb peut être rapidement attaqué. (C'est cette conditions aggravante que notre confrère et ami, M. BISSÉRIÉ, Pharmacien-Major de l'Armée, a particulièrement bien étudiée. « Puisque, dit-il, le plomb s'impose pour la fabrication des canalisations d'eau, il faut du moins éviter tout contact immédiat des robinets et autres parties métalliques avec ces conduites, afin d'éviter la cause principale du passage du métal toxique dans les eaux ». (Revue du Service de l'Intendance — 1900).

Nous nous sommes donc demandé si l'eau de la Ville ne renfermait pas de traces de plomb.

C'était là un point intéressant à éclaircir, car l'absorption de très petites quantités de ce métal, mêmes infimes, provoque à la longue des phénomènes l'intoxication saturnine, d'un diagnostic parfois difficile, en raison de leur caractère imprécis.

On sait, en effet, que les cas les plus remarquables de ces intoxications sont généralement ceux où le métal pénètre dans l'organisme en petite quantité à la fois, mais d'une manière en quelque sorte continue.

TOXICITÉ DU PLOMB. — Le plomb, ses oxydes, ses sels (sulfure, iedure, carbonate, sulfate, chromate), sont pour ainsi dire insolubles dans les dissolvants ordinaires et particulièrement dans l'eau, sauf l'azotate et les acétates. C'est la raison pour laquelle les empoisonnements à forme aiguë par ces toxiques sont plutôt rares.

L'intoxication lente, chronique, bien connue sous le nom de *saturnisme*, dont sont si souvent victimes les ouvriers des industries à poussières plombiques, est au contraire fréquente. Ce sont là des intoxications professionnelles. Il en existe d'autres dont les principales sont provoquées par des aliments ayant été quelque temps en contact avec du plomb, ou en contenant accidentellement. (Signalons en passant que l'alcoolisme favorise l'apparition des accidents saturnins).

Parmi les intoxications saturnines, lentes, imprécises dans les débuts, se place celle due à l'eau ayant dissous des traces de plomb. Certains empoisonnements de cette nature sont restés célèbres : empoisonnement de Clermont (Mai 1849), de Sheffield (1885), de Dessau (1889), de Vitré (1900), Arcachon (1901), Verniers (1911), La Fagne (1911).

Nous avons eu nous-même l'occasion de signaler, en Novembre 1913, trois cas de saturnisme provoqués par l'eau d'un puits dans une famille (père, mère, fils), habitant les environs de Lorient.

En voici la relation médicale que le médecin traitant, M. le Docteur GUILLERME, de Plœmeur, a bien voulu rédiger :

« *Antécédents.* — Rien d'intéressant, à part une annexite suppurée ancienne chez la mère.

Les malades habitent la maison depuis un mois.

Monsieur M. , patron menuisier, âgé de 25 ans, est pris de coliques violentes, mal localisées, avec douleurs lombaires atroces, vomissements bilieux et constipation. Langue un peu subburale; ventre rétracté.

Pas de température. Autres appareils indemnes.

Les antispasmodiques, la diète, les infusions, les applications chaudes et surtout un purgatif amènent chez le malade une amélioration notable qui dure deux jours.

La femme et le fils du malade présentent les mêmes signes morbides.

Cherchant en vain la cause de ces intoxications, j'en viens à incriminer l'eau amenée par une pompe à gros tuyautage en plomb plongeant de 4 à 5 mètres dans un puits.

Le 4 décembre, je formule la défense expresse de se servir de cette eau pour l'alimentation.

A partir de ce moment, les symptômes s'amendent et le 9 décembre les malades peuvent être considérés comme guéris

ANALYSE DE L'EAU. — Le 10 décembre, je recevais de la part de M. le Docteur GUILLERME, trois litres d'eau avec prière d'y rechercher le plomb. Je mélangeai les trois litres d'eau, en évaporai un litre au bain-marie après l'avoir additionné d'acide azotique et sur le résidu, débarrassé des matières organiques par calcination légère en présence de nitrate d'ammoniaque, redissous dans l'acide chlorhydrique dilué, je caractérisai la présence du plomb par les réactions ordinaires : acide sulfhydrique, chromate de potassium, iodure de potassium, acide sulfurique et alcool.

Je fis part du résultat de mes recherches au médecin et à la famille en avisant cette dernière que j'irais moi-même prélever de

l'eau, de ne pas toucher à la pompe avant ma visite. Le 23 décembre, j'en prélevai dix litres dans des bouteilles séparées, le premier litre était blanchâtre, laiteux, ; le second l'était moins ; le troisième encore un peu moins ; le quatrième ne l'était plus.

Sur les trois premiers litres, j'effectuai le dosage du plomb à l'état de sulfate après précipitation à l'Hydrogène sulfuré. L'eau en renfermait 14 milligrammes par litre.

C'est là une proportion considérable, mais il faut tenir compte de ce que l'eau avait séjourné dans la conduite pendant un temps assez long, une quinzaine de jours.

L'Analyse de cette eau nous a donné les résultats suivants :

Analyse Chimique

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre

DATE DU PRELEVEMENT	23 Décembre 1913
MATIÈRES ORGANIQUES :	
1° En oxygène	
Solution acide	1.92
Solution alcaline	2.84
2° En acide oxalique	
Solution acide	14.97
Solution alcaline	22.37
OXYGÈNE DISSOUS :	
1° En poids	10.34
2° En volume	7 cc. ²
Azote ammoniacal	Traces légères
Azote organique	Traces notables
Nitrites	Néant
Nitrates	100
Acide phosphorique	Traces
Acide sulfurique (en SO ₃)	43
Chlore (en NaCl)	374
Hydrogène sulfuré	Néant
ANALYSE DU RÉSIDU :	
Résidu à 110°	798
Silice	16
Oxyde de fer et alumine	32
Chaux (en CaO)	60
Magnésie (en MgO)	46
Degré Hydrotimétrique	15
Degré Alcalimétrique	160

Nous en avons conclu que l'attaque de la conduite était due aux quantités considérables de chlorures et de nitrates que contenait cette eau, leur action étant favorisée par la notable proportion d'oxygène dissous.

La contamination de cette eau par des *matières organiques d'origine animale* est mise en évidence :

par le chiffre anormal des chlorures et des nitrates ; (l'origine suspecte de ces derniers est démontrée par l'augmentation proportionnelle des chlorures) ;

par la présence de phosphates ;

par la réduction du permanganate de potassium, *plus accentuée en milieu alcalin qu'en milieu acide*. (De nombreuses recherches permettent d'admettre que les matières organiques sont, en ce cas, d'origine animale).

Cette analyse a pleinement confirmé l'appréciation que nous avions faite de la qualité de cette eau dès notre arrivée au puits qui est placé à un mètre de la maison, au beau milieu d'un passage qui forme le mur de clôture avec le mur de l'immeuble.

c. -- Recherche du plomb dans les conduites secondaires.

MÉTHODE ADOPTÉE. — Trois ou quatre litres d'eau légèrement acidifiés par l'acide chlorhydrique ont été concentrés à 100 cm³. Sur cette concentration, le plomb a été recherché qualitativement par les réactifs habituels, iodure de potassium, chromate de potassium, acide sulfurique et alcool, hydrogène sulfuré.

Les quantités de ce métal que nous caractérisions étant très faibles, nous avons eu recours pour les doser, opérations très délicates, très longues, à la bonne collaboration de M. KLING, *Directeur du Laboratoire Municipal de Paris*.

Les dosages ont été effectués sur la liqueur acide des eaux-mères à laquelle on a ajouté, sans filtrer, le dépôt repris par l'acide chlorhydrique chaud. Le mélange acide a été traité par l'acide sulfhydrique. Après deux jours de repos le précipité obtenu a été recueilli, transformé en sulfate par l'acide nitrique, électrolysé en présence d'un excès de nitrate de cuivre, suivant la méthode A.

Hollard et L. Bertiaux (Analyse des métaux par électrolyse, page 104 — Librairie Dunod et Pinat).

Le peroxyde de plomb déposé à l'anode a été séché à 200°, puis pesé. Le poids obtenu, multiplié par 0,853 a donné celui du plomb métallique.

Résultats obtenus :

EAU PRÉLEVÉE :	PLOMB PAR LITRE
A l'ancienne Ecole Primaire Supérieure des Filles, rue Pasteur :	
le 21 Avril, ayant séjourné dans la con- duite de 8 h. 1/2 du matin à 10 h. 1/2, soit 2 heures	Néant
le 23 Avril, ayant séjourné dans la con- duite de 10 1/2 du matin à 2 h. 1/2 du soir, soit 4 heures	Néant
le 21 Avril, ayant séjourné dans la con- duite de 10 h. 1/2 du matin à 6 h. 1/2, du soir, soit 8 heures	Traces
le 22 Avril, ayant séjourné dans la con- duite du 21 à 6 h. 1/2 du soir au 22 à 10 h. 1/2, soit 16 heures	Traces notables
le 23 Avril, ayant séjourné dans la con- duite du 22 à 10 h. 1/2 du matin jusqu'au 23 à la même heure, soit 24 heures	Traces notables
le 25 avril, à 2 h. 1/2, ayant séjourné dans la conduite depuis le 23 à la même heure, soit 48 heures	Traces notables
le 28 Avril, à 8 heures du matin, à la borne-fontaine de la place St-Louis (eau de la nuit)	Néant
le 28 Avril, à 8 heures du matin, au robinet de l'eau de notre cour (eau de la nuit)	Néant

PLOMB PAR LITRE

le 11 Mai, à 7 heures du matin, au 2° étage de l'immeuble situé place Bisson n° 5, ayant séjourné dans la conduite pendant la nuit (10 heures) ...	0 gr. 0003	1,4
le 11 Mai, à 10 h. 3/4 du matin, au 2° étage de l'ancienne Ecole Primaire Supérieure, rue Pasteur, ayant séjournée 24 heures dans la conduite.	0 gr. 0004	
le 13 Mai, à 6 heures du matin, au 2° étage de l'immeuble situé place Bisson n° 5, ayant séjourné dans la conduite pendant la nuit (9 heures) ...	Traces	
le 13 Mai, à 6 heures du matin, au 3° étage de l'immeuble situé rue des Fontaines n° , ayant séjourné dans la conduite pendant la nuit (10 h.) ..	Traces	
le 13 Mai, à 9 heures du matin, au 2° étage de l'ancienne Ecole Primaire Supérieure, rue Pasteur, ayant séjourné dans la conduite depuis la veille à 6 heures (15 heures)	Traces	
le 15 Mai, à 8 heures du matin, à l'ancienne Ecole Primaire Supérieure des Filles de la rue Pasteur, ayant séjourné dans la conduite depuis le 12 à 10 heures (3 jours)	0 gr. 0007	
le 16 Mai, à 9 heures du matin, au 2° étage de l'ancienne Ecole Primaire Supérieure, ayant séjourné dans la conduite depuis la veille à 8 heures du matin (23 heures)	Néant	
le 16 Mai, à 6 heures du matin, au 2° étage de l'immeuble situé place Bisson n° 5, ayant séjourné dans la conduite pendant la nuit (10 heures) ..	Néant	
le 17 Mai, à 6 heures du matin, au 3° étage de l'immeuble situé rue des Fontaines n° , ayant séjourné dans la conduite pendant la nuit	0 gr. 0004	

	PLOMB PAR LITRE
le 18 Mai, à 6 heures du soir, à l'ancienne Ecole Primaire Supérieure, rue Pasteur, ayant séjourné dans la conduite depuis le 16 à la même heure (3 jours)	0 gr. 0004
le 27 Mai, à 6 heures du soir, au même immeuble, ayant séjourné dans la conduite depuis le 10 à la même heure (5 jours)	0 gr. 0008
le 23 Mai, à 5 heures du matin, au 1 ^{er} étage de l'immeuble situé rue du Morbihan n° , ayant séjourné dans la conduite pendant la nuit	0 gr. 0007
le 26 Mai, à 11 heures du matin, rue Pasteur, ayant séjourné dans la conduite depuis le 23 à 4 heures (67 heures)	Traces notables
le 26 Mai, au Lycée des Garçons, ayant séjourné dans la conduite dans la nuit du 25 au 26	Néant
les 24, 25, 26 Mai, dans la conduite de l'immeuble situé rue Carnot n° nuit du 23 au 24..... 1 litre nuit du 24 au 25..... id. nuit du 25 au 26..... id. L'analyse a été effectuée sur les 3 litres réunis et a donné comme résultats	Traces

Nous avons complété ces recherches en examinant fréquemment les eaux des bornes-fontaines. Nous n'avons pas trouvé de traces de plomb dans ces eaux.

d) CONCLUSIONS. — Comme le faisait prévoir leur composition chimique et comme le démontrent les résultats ci-dessus, les eaux de Lorient ayant séjourné dans les canalisations des immeubles, longues, compliquées, peuvent renfermer des traces de plomb.

Les eaux des bornes-fontaines et celles des cours n'en renferment pas, parce que l'eau y séjourne peu d'une part et que, d'autre

part, ces postes ont une faible longueur de tuyau plombique pour un débit d'eau considérable.

De cette étude, nous concluons :

que les eaux de Lorient, comme du reste toutes les eaux peu minéralisées provenant d'infiltrations dans des terrains granitiques, attaquent le plomb ;

que, malgré l'oxygénation due à leur traitement par l'Ozone, elles ne renferment pas, dans les conditions ordinaires de consommation, des traces décelables aux réactifs chimiques, mais qu'il n'en est pas de même après un séjour un peu prolongé dans les canalisations ;

qu'il est en conséquence prudent de vider la conduite avant de prélever l'eau destinée à l'alimentation, si elle y séjourne depuis un certain temps.

— Comme il n'existe pas de moyen pratique pour empêcher cette attaque des conduites en plomb, métal qui a l'avantage d'être d'une très grande malléabilité, comme d'autre part, les tuyaux d'étain, de grès, de fer, de cuivre, qu'on a successivement proposés pour remplacer ce métal, ont d'autres inconvénients (le fer colore les eaux, le cuivre est très cher, etc...), il nous apparaît que le parti le plus sage à prendre pour la Ville est de continuer à utiliser les canalisations en plomb.

En observant la mesure de prudence que nous avons indiquée ci-dessus, leur usage ne peut pas provoquer d'accidents saturnins.

Conclusions Générales

Au cours de ce travail, nous croyons avoir étudié aussi longuement et aussi consciencieusement que possible les « *Eaux d'alimentation de la Ville de Lorient et le Système adopté pour leur stérilisation* ».

A la fin de chaque chapitre, nous avons donné nos conclusions sur la question qui venait d'être traitée.

Nous n'y reviendrons pas.

Pour que les Habitants puissent bénéficier complètement des bienfaits que doit apporter à leur Hygiène cette importante amélioration, pour qu'ils soient autant que cela est possible, à l'abri des épidémies, au moins de celles dues aux espèces pathogènes dont l'eau est ordinairement le véhicule, nous signalerons, parmi les mesures à prendre, celles qui nous paraissent les plus nécessaires et les plus efficaces.

A. — MESURES D'HYGIÈNE :

a) la surveillance systématique des eaux de puits privés et la condamnation de ceux qui seront reconnus contaminés ;

b) la surveillance médicale de la région de Lorient qui consiste à signaler aux Pouvoirs publics les villages, les fermes contaminés. Les puits qui alimentent ces agglomérations, mal placés, mal protégés, sont le plus souvent abominablement pollués, comme nous avons eu maintes fois l'occasion de le constater. Il est nécessaire que les eaux consommées dans ces foyers d'épidémies soient soumises sans retard à l'analyse et leur consommation interdite, si cela est jugé nécessaire ;

c) n'autoriser la fabrication de glace, d'eaux gazeuses destinées à l'alimentation publique qu'avec l'eau de la canalisation urbaine ;

Ce ne sont là que des mesures de protection visant la propagation par l'eau des maladies épidémiques.

Certes, ce ne sont pas les seules utiles à prendre.

Il en existe bien d'autres que M. le Docteur WAQUET signale

dans son dernier rapport sur le fonctionnement du Bureau d'Hygiène : nécessité du « tout à l'égout », suppression des logements insalubres, désinfection des logements contaminés, protection des denrées alimentaires, etc... Il en est une que nous signalerons particulièrement : l'obligation pour les cultivateurs d'utiliser pour amener leur lait en ville, des récipients bouchés. Le transport des vidanges dans des linettes insuffisamment closes souillent les routes de déjections qui peuvent renfermer le Bacille Typhique. Ces déjections se mêlent aux poussières qui vont contaminer le lait.

B. — SYSTÈME D'EXPLOITATION :

Un des grands inconvénients de l'alimentation d'une ville par des eaux de surface est de donner pendant l'été des eaux tièdes. Cet inconvénient s'aggrave encore quand les eaux passent sur des filtres où elles restent exposées pendant un temps assez long à l'ardeur du soleil, ce qui augmente encore leur température.

Pendant l'hiver, les eaux peuvent glacer. Cet ennui n'est pas à redouter dans nos pays où le climat est tempéré, les froids rigoureux assez rares. Le fait s'est cependant produit en janvier dernier. (L'eau du bac à sulfate d'alumine étant glacée, il a fallu pratiquer la coagulation par des moyens de fortune).

Que faire pour supprimer ces ennuis ? Nous n'apercevons pas le moyen d'y remédier. La couverture des filtres empêcherait sans doute la production de la glace, mais éviterait-elle l'élévation de température pendant les chaleurs ? Elle aurait, en tout cas, l'inconvénient de priver les eaux du pouvoir épurateur de l'air et de la lumière. Par suite de l'obscurité, le développement des algues et, comme conséquence, la maturation des filtres serait retardée.

— Il serait nécessaire de clore d'une façon complète le déversoir nommé « Bénitier » qui n'est protégé des poussières de la route nationale que par un grillage métallique à très larges mailles, lequel est du reste en très mauvais état. Les eaux qui s'y déversent après leur stérilisation pour se rendre aux réservoirs peuvent être souillées par ces poussières, et cette fermeture s'impose.

— Il serait utile d'installer : un watmètre à minima actionnant un avertisseur automatique (hurleur, cloche), de manière que les ouvriers soient prévenus quand un court-circuit se produit dans

une batterie ou quand elle fonctionne mal (glace qui se brise, par exemple) ;

un hygromètre-thermomètre enregistreur pour apprécier la dessication de l'air, dessication importante pour une bonne production d'Ozone ;

des tubes à robinets en verre avec collier (droits sur batteries, courbes sur canalisation générale), pour les barbotages d'air ozoné en vue du dosage de l'Ozone.

Il ressort de cette Etude, pour ainsi dire quotidienne, que Lorient possède aujourd'hui un service d'alimentation qui lui assure d'une façon permanente une eau d'excellente qualité, en quantité largement suffisante.

Comme nous le disions dans notre « Introduction » cette amélioration considérable apportée à l'Hygiène de la Ville fait le plus grand honneur aux Municipalités qui ont conçu ce projet ou en ont attentivement surveillé l'exécution.

Vu, bon à imprimer :
Le Président de la Thèse,
Ch. MOUREU.

Vu :
Le Directeur de l'Ecole,
H. GAUTIER

Vu, et permis d'imprimer :
Le Vice-Recteur de l'Académie de
Paris.

L. LIARD.

BIBLIOGRAPHIE

GÉNÉRALES. —

- BAUDET ET DIMITRI. — *Filtration des Eaux d'alimentation*.
- COURMONT ET LACOMME. — *Principaux procédés de filtration des Eaux destinées à l'alimentation publique*. (Revue pratique d'Hygiène municipale. Mai et Juin 1908).
- F. DIENERT. — *L'alimentation des villes en eau potable* (Revue des Sciences pures et appliquées. Octobre 1903).
Eaux douces et Eaux minérales. (Béranger éditeur).
Alimentation de Paris en Eau potable. (Revue Scientifique 5 Juillet 1913).
- GUINOCHET. — *Les Eaux d'alimentation*. Baillière 1894.
- IMBEAUX. — *L'alimentation en eau et l'assainissement des Villes*.
- F. JADIN. — *Hydrologie et Minéralogie*.
- OGIER ET BONJEAN. — *Stérilisation des eaux destinées à l'alimentation publique*. (Ann. d'Hygiène publique et de Médecine légale. Avril 1905).
- PUECH. — *Filtration des eaux en grande masse*.
- VILLIERS, COLLIN, FAYOLLE. — *Eaux, boissons, alcools* (2^e édition 1911, page 1 à 112).
- BOURIEZ. — *Stérilisation de l'Eau par l'Ozone*. (Annales de l'Institut Pasteur. 25 Avril 1899).
- COURMONT ET LACOMME. — *Rapport sur la stérilisation des Eaux par l'Ozone*. (Syst. de Frise). (Revue d'Hygiène M. Urbaine et rurale).
- H. DE LA COUX. — *L'Ozone et ses applications industrielles*.
- LACOMME. — G. A. F. A. S. Congrès de Lyon. — *La stérilisation des eaux par l'Ozone*,

OZONE. —

- MARMIER ET ABRAHAM. — *La stérilisation industrielle des eaux potables*. (Revue d'Hygiène 1899).
- MIQUEL. — *Expériences relatives à la stérilisation de l'eau au moyen de l'Ozone*. (Syst. Frise. 8 Avril 1905).
- OTTO. — *Recherche sur l'Ozone*. — Thèse Faculté des Sciences (1891).
- RAOULT-DESLONGCHAMPS. — *De la stérilisation des eaux par l'Ozone*. (Revue d'Hygiène et de Police sanitaire, p. 321-324).

PHYSIQUE. —

- E. BONJEAN. — *Sur la mesure de la résistivité des eaux de sources*. (L'Edilité technique. Mars 1909, page 266).
- D^r CHASSEVANT. — *Société d'Hydrologie médicale de Paris*. — Séance du 19 Février 1912. — *Contrôle et surveillance des eaux minérales au moyen de la réfractométrie et de la mesure de la résistivité électrique*.
- F. DIENERT. — *Résistivité électrique*. (Edilité technique 1909. Page 252).
- DUCLAUX. — *Conductibilité électrique*. (Paris. Faculté des Sciences. 1904).
- GUILHERD. — *Emploi de la conductibilité électrique dans la surveillance des eaux de source*. (Revue d'Hygiène. 20 Nov. 1904).
- LÉVY ET HENRIOT. — *Note sur la mesure de la résistivité spécifique des eaux au moyen de la méthode de Kolhrausch*. (Annales de l'Observatoire de Montsouris, 1904).
- CH. MOUREU. — *Sur les gaz de quelques eaux minérales*. (Journal de Pharmacie et de Chimie, 15 Janvier 1903).
Sur les gaz rares des sources thermales. (16 octobre 1906).
Les gaz thermaux. Gaz rares et radioactivité. (16 avril, 1^{er} mai, 16 mai 1914).
- POIROT-DELPECH. — *De la résistivité électrique des eaux minérales*.

CHIMIE

- BORDAS. — *Les eaux potables.*
- BABOTRE. — *L'épuration des eaux de Nice par l'Ozone* (1903).
- BONJEAN. — *Filtration et stérilisation des eaux d'alimentation humaine.* (Ann. d'Hyd. et de Méd. légale 1904, page 541).
- CALMETTE. — *Rapport sur la stérilisation industrielle des eaux potables par l'Ozone.* (Annales de l'Institut Pasteur, 12 fév. 1899, t. XIII, page 344).
- DENIGES. — *Précis de Chimie Analytique.* (Lyon, Storek et Cie, 2^e édition 1903).
- J. DAUVERGNE. — *Revue d'Hygiène et de Police sanitaire. Technique-Chimique* (1267-1278).
- DE CHRISTMAS. — *Sur la valeur antiseptique de l'Ozone.* (Annales de l'Institut Pasteur).
- FRANÇOIS. — *Alumine. Aluminium et Composés.* (Thèse d'agrégation, Paris).
- FREMY. — *Encyclopédie Chimique.*
- GÉRARD. — *Analyse des matières alimentaires et recherche de leurs falsifications.*
- GÉRARD. — *Sur les récentes expériences relatives à la reproduction et l'utilisation de l'Ozone en matière d'épuration d'eau.* (Revue d'Hygiène, 1905, page 114).
- GÉRARD ET BOHN. — *Précis d'analyse.*
- LAJOUX. — *L'eau potable.*
- DE LAUNAY, MARTEL, BONJEAN, OGIER. — *Le sol et l'eau.* (Traité d'Hygiène Brouardel et Mosny).
- MALLET. — *Les méthodes employées pour la détermination des matières organiques des eaux.* (Annales d'Hygiène publique et de Médecine légale, 1888, page 364).
- MIQUEL. — *Expériences relatives à la stérilisation de l'eau par l'Ozone.* (Système de Frise, 1905).
- POUCHET ET BONJEAN. — *Contribution à l'étude des eaux potables. Etude de la matière organique des eaux potables.* (Annales d'Hygiène publique et de Médecine légale, 1897).
- VILLIERS, COLLIN, FAYOLLE. — *Eaux, boissons, alcools* (2^e édition).
- A. VALEUR. — *Action de l'O³ sur les C. organiques.* (Thèse d'agrégation. Paris. 1908-1909).
- WURTZ. — *Dictionnaire de Chimie.*
- A. ZUNE ET BONJEAN. — *Analyse des eaux potables et détermination rapide de leur valeur hygiénique.*

BACTÉRIOLOGIE —

BESSON. — *Technique Bactériologique*.

BLASCHSTEIN. — *Annales de l'Institut Pasteur* (1893).

ED. BONJEAN. — *Le sol et l'eau* (Traité d'Hygiène).

Revue d'Hygiène et de Police sanitaire.

Bulletin des Sciences Pharmacologiques (1902, p. 42, 109, 140, 161, 186, 212, 297) ; (1906, ; octobre 1909 ; 1911 ; mai 1912).

Annales d'Hygiène et de Médecine légale.

COURMONT. — *Précis de Bactériologie*.

G. DIMITRI. — *Technique de l'examen bactériologique* (Revue d'Hygiène et de Police sanitaire, p. 1457-71).

DOPTER ET SACQUÉPÉE. — *Précis de Bactériologie*.

DUCLAUX. — *Précis de Microbiologie*.

Les Microbes des eaux (1899 p. 559, Ann. de l'Inst. Pasteur)

Le Filtrage des eaux (1890 p. 41 —

Examen des eaux (1892 p. 51 —

id. (1894 —

GUIART ET GRIMBERT. — *Précis de diagnostic*.

GRIMBERT. — *Unification des procédés d'Analyse bactériologique des eaux* (Journal de Pharmacie et de Chimie, 15 oct. 1903).

La question de la présence du Coli-Bacille dans les eaux.

Microbes anaérobies des eaux. (Même Journal, 1907, xxv, (Journal de Pharmacie et de Chimie 1906, xxiii, p. 188). page 452).

LUTZ. — *Bactériologie pratique* :

Bulletin des Sciences pharmacologiques :

(T. II, 1899-00, p. 442) ;

(T. IV, 1901, p. 42, 136, 288) ;

(T. VI, 1902, p. 30, 127, 294) ;

(T. VIII, 1903, p. 13, 39, 63, 126, 201, 220).

E. MACÉ. — *Traité pratique de Bactériologie*.

Les nouveaux procédés d'Analyse Bactériologique des eaux. (Technique Sanitaire, 1909, p. 272-276).

MIQUEL. — *Manuel pratique de l'Analyse Bactériologique des eaux*.

OHLMÜLLER. — *Guide pratique pour l'Analyse de l'eau*.

POUCHET ET BONJEAN. — *Contribution à l'étude des eaux potables.* (Ann. d'Hygiène publique et de Médecine légale, Février 1897, page 488).

- P. REMLINGER. — *Analyse Bactériologique de l'eau*. (Compte-rendu des Mémoires de la Société de Biologie, p. 64, 66, 320, 322, 468, 469, 579, 580).
- G. ROUX. — *Précis de Microbie et de Technique Bactériologique. De l'expérimentation physiologique appliquée à l'Analyse Bactériologique des eaux*. (Lyon Médical, 28 mars 1897).
- STRAUSS ET DUBARRY. — *La vie des Microbes pathogènes dans l'eau*. (Archives de Médecine expérimentale 1889).
- THOINOT ET MASSELIN. — *Précis de Microbie*.
- H. VINCENT. — *De la signification du Bacille-Coli dans les eaux potables*. (Ann. de l'Institut Pasteur, 1905, p. 233).
Recherches sur la culture des Microbes anaérobies appliquée à l'Analyse des eaux. (Ann. de l'Institut Pasteur, 1907, p. 62).
- A. ZUNE ET BONJEAN. — *Analyse des eaux potables et détermination rapide de leur valeur hygiénique*.

PLOMB

- BALARD. — *Action de l'eau sur le plomb*. (C. R. de l'Académie des Sciences, 1874, t. 78, p. 392).
- CARLES. — *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1900, t. XIII, p. 517-520).
- FAUCONNIER. — *L'intoxication saturnine par les eaux du Limousin*.
- FERRIER. — *Action des eaux peu minéralisées de la région bretonne sur les canalisations de plomb et de fer*. (Thèse, Paris 1909).
- Plomb dans l'eau*, Journal de Pharmacie et de Chimie, 1901, XIII, 56;
— 1907, XXVI, 80;
- Solubilité du plomb dans l'eau et le dosage de petites quantités de plomb*, Journal de Pharmacie et de Chimie, 1907, XXVI, 80;
- Action de l'eau distillée sur le plomb* (1902, XVI, 493).
- LAMBERT. — *Recherche et dosage du plomb dans les eaux potables*. (Revue d'Hygiène et de Police sanitaire, 1906, p. 176-182).
- OGIER. — *Traité de Chimie Toxicologique*.
-

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.

INTRODUCTION.

PAGES

CHAPITRE I :

A. — Considérations hygiéniques	11
B. — Historique de la Question des Eaux. Exposé du système d'alimentation actuel ...	12
C. — Constitution géologique du sol. De son influence sur la composition des eaux cap- tées	19

CHAPITRE II :

Du traitement des eaux en vue de leur stérili- sation :	
A. — Coagulation	30
B. — Filtration	44
C. — Ozonisation	52

CHAPITRE III :

A. — Considérations générales sur les méthodes d'analyses des eaux d'alimentation	71
B. — Analyses Physiques	75
C. — Analyses Chimiques	99
D. — Analyses Bactériologiques	109
E. — Analyses Micrographiques	148

CHAPITRE IV :

Action des eaux urbaines sur les canalisations secondaires en plomb	156
--	-----

CHAPITRE V :

A. — Conclusions générales	166
B. — Bibliographie	170

TABLE OF CONTENTS

155

156
157

